

اثر تنش کم آبی بر رشد درخت هلو در شرایط مدیریتی باغ تجاری

میترا رحمتی^۱ - غلامحسین داوری نژاد^{۲*} - محمد بنایان اول^۳ - مجید عزیزی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۷

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد رویشی درخت هلو (*Prunus persica* L.) در شرایط باغی، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تیمار و در ۴ تکرار در باغ تجاری شهد ایران در مشهد در سال زراعی ۱۳۹۰ روی رقم دیررس البرتا انجام شد. سه تیمار آبیاری شامل ۳۶۰ (تنش ملایم)، ۱۸۰ (تنش متوسط) و ۹۰ (تنش شدید) مترمکعب در هکتار در هفته به صورت قطره‌ای (کمینه‌ی پتانسیل آب ساقه نزدیک برداشت به ترتیب ۱/۲، ۱/۵ و ۱/۷ - مگاپاسکال) از اواسط دوره سخت شدن هسته (۲۲ خرداد) تا برداشت میوه (۱ مهر) اعمال شد. پتانسیل آب بیشینه‌ی برگ و پتانسیل آب کمینه‌ی برگ و ساقه، سرعت فتوسنتز خالص، تعرق، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ، تعداد شاخه‌های نوظهور و طول شاخه‌های برگ‌ی در طول فصل رشد، و سطح برگ درختان هلو در زمان برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تنش کم آبی تأثیری منفی بر وضعیت آبی درخت هلو داشت که به موجب آن تبادلات گازی برگ و رشد رویشی درخت هلو کاهش یافت. بطوریکه کاهش تولید آسمیلات درخت نتیجه‌ی کاهش هم سرعت فتوسنتز خالص برگ (تا حدود ۲۳ و ۵۰ درصد در فصل رشد به ترتیب در تنش متوسط و شدید در مقایسه با تنش ملایم) و هم سطح برگ کل درخت (تا حدود ۵۷ درصد و ۷۹ درصد در زمان برداشت به ترتیب در تنش متوسط و شدید در مقایسه با تنش ملایم) بود. همبستگی مثبت معنی‌دار بین میزان پتانسیل آب برگ و رشد رویشی هلو نشان داد که وقتی پتانسیل آب برگ تا ۱/۵۶- و ۲/۳۰- مگاپاسکال کاهش یافت، از رشد شاخه به اندازه‌ی به ترتیب ۳۰ درصد و ۵۰ درصد جلوگیری شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب، تعرق، خشکی، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

است، به عنوان مخزن اصلی آب و کربوهیدرات‌ها با رشد رویشی درخت رقابت می‌کنند (۱۷). برای مثال، اگر پتانسیل آب برگ هلو در اواسط روز، که یکی از شاخص‌های وضعیت آبی درخت محسوب می‌شود، تا ۳- مگاپاسکال کاهش یابد، درختان هلو دچار خشکیدگی شاخ و برگ می‌شوند (۲۵). از سوی دیگر، مدیریت رشد رویشی درختان میوه خزان‌دار اهمیت زیادی دارد. مدیریت آبیاری به عنوان یکی از روش‌های کارآمد در کنترل رشد رویشی شناخته شده است. کم آبی همچنین روی فرایندهای فیزیولوژیکی درخت هلو تأثیر منفی دارد، چون منجر به بسته شدن سریع روزنه‌های برگ می‌شود تا از سرعت از دست دادن آب برگ از طریق تعرق بکاهد (۹). حتی ممکن است پیغام تولید شده در ریشه‌های در معرض خشک شدن، قبل از توسعه‌ی کم آبی در برگ و کاهش آب برگ، به روزنه‌ها منتقل شده و هدایت روزنه‌ای را کاهش دهد (۱۹). از سوی دیگر، گیاه هزینه سنگینی در ازای بسته شدن روزنه‌ها می‌پردازد چون کاهش هدایت روزنه‌ای با کاهش سرعت فتوسنتز برگ و در نتیجه کاهش تولید کربوهیدرات‌های مورد نیاز رشد درخت همراه است که با توجه به شدت استرس و مرحله رشدی، رشد رویشی، رشد میوه و نیز

(یکی از گونه‌های درختی هسته‌دار *Prunus persica* L. هلو) مهم و بومی مناطق معتدله است که میزان تولید و عملکرد آن به میزان آب قابل دسترس خاک بستگی دارد. درخت هلو دارای بالاترین نیاز آبی در میان درختان میوه بوده و میزان مقاومت به خشکی آن از درختان زیتون، پسته و مرکبات پایین تر است (۲۰ و ۲۵). باغات هلو در طی فصول خشک و در مناطق گرم و خشک در صورتی که به میزان کافی آبیاری نشوند، زودتر از سایر درختان میوه خشک می‌شوند، مگر اینکه به منظور کاهش میزان تعرق برگ‌ی به شدت هرس شوند و یا بار درخت با عملیات تنک کاهش یابد (۲۰). چون نیاز آبی میوه‌های هلو، به خصوص در مرحله نهایی رشد، بسیار بالا

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: davarynejad@um.ac.ir)

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

قطره‌چکان‌های ۸، ۴ و ۲ لیتر بر ساعت (به عبارت دیگر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ مترمکعب درهکتار در هفته به ترتیب در تیمارهای کم‌آبی ملایم، متوسط و شدید) اعمال شد. درصد تنش کم‌آبی در تیمارهای مختلف از تفاوت میزان آب موجود (مجموع آب ذخیره خاک، بارندگی و آب-آبیاری) با میزان تبخیر-تعرق هلو به صورت جمععی، در طول فصل رشد، محاسبه شد (شکل ۱، ب). بیان آب خاک در مرحله تمام‌گل با توجه به بافت خاک، میزان آب خاک و عمق ریشه محاسبه شد (۴). به منظور تعیین میزان آب خاک و عمق ریشه، در فواصل ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری از تنه درختان باغ روی ردیف‌های کاشت و بین ردیف‌های کاشت، نمونه‌گیری از اعماق ۱۰ تا ۸۰ سانتیمتری خاک باغ، با استفاده از اوگر^۲ انجام شد. اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک به روش وزنی انجام گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۳). حداکثر رشد عمقی ریشه هلو برابر با ۶۰ سانتیمتر بود. بر اساس این بیان ساده آب و خاک، درختانی که بر اساس روش متداول باغ آبیاری شده بودند (تنش کم‌آبی ملایم) تا ۲۴ تیرماه در معرض هیچ‌گونه تنشی نبودند. ولی شدت تنش کم‌آبی در زمان برداشت میوه (۱ مهر) به ۳۰ درصد افزایش یافت. برای تیمارهای کم‌آبی متوسط و شدید، به ترتیب شدت تنش در زمان برداشت تا ۵۳ و ۶۴ درصد افزایش یافت که ۲-۳ هفته زودتر از تیمار کم‌آبی ملایم آغاز شد (شکل ۱، ب، جدول ۱).

اندازه‌گیری وضعیت آبی: پتانسیل آب بیشینه برگ (قبل از طلوع آفتاب)^۳ و پتانسیل آب کمینه برگ و ساقه (اواسط روز)^۴ برای سه برگ از هر درخت (۱۲ برگ بر تیمار)، در مرحله‌ی رشد سریع میوه (بعد از سخت شدن هسته) تا زمان برداشت، چندین بار با استفاده از اتاقک فشار (ELE، انگلستان) تعیین شد. برای تعیین پتانسیل آب ساقه، برگ‌ها قبل از طلوع آفتاب در فویل آلومینیومی پیچیده شدند (۱۰). پتانسیل آب کمینه برگ و ساقه بین ساعت ۱۲ تا ۱۵ بعد از ظهر اندازه‌گیری شد. پتانسیل آب برگ‌ها بلافاصله پس از جدا شدن از درخت اندازه‌گیری شد. این برگ‌ها بالغ و در معرض نور کامل خورشید بودند و در همه‌ی درختان از جهت جغرافیایی یکسانی انتخاب شدند.

اندازه‌گیری تبادلات گازی برگ: میزان فتوسنتز خالص و تعرق برگ با استفاده از سیستم تبادلات گازی موبایل، مدل LCA-4 ADC (هادسون، انگلستان)، در روزهایی که آسمان بدون ابر بود، اندازه‌گیری شد.

بافتهای ذخیره‌ای را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۲). از سوی دیگر ثابت شده است که تنش کم‌آبی با تاثیر منفی بر میزان فشار هیدرواستاتیک و فشار تورژسانس سلول، می‌تواند به‌طور مستقیم رشدرویشی را کاهش دهد. چون میزان طویل شدن سلولی، نخست با میزان آب ورودی به سلول و میزان تورژسانس سلولی تعیین می‌شود و سپس تحت تاثیر میزان ورود و تجمع کربوهیدرات‌ها قرار می‌گیرد (۱۵ و ۳۳). در بیشتر موارد رشد رویشی حتی از سرعت فتوسنتز برگ به کم‌آبی حساستر بوده و پیش از کاهش فتوسنتز، کاهش می‌یابد (۲۲). به طوری که کاهش سطح برگ کل درخت می‌تواند دلیل اصلی کاهش میزان فتوسنتز کل و تولید کل آسمیلات‌های درخت باشد. اطلاعات اندکی در زمینه‌ی نیازآبی و تاثیر تنش کم‌آبی در باغات تجاری کشور ما بر فرایندهای فیزیولوژیکی درختان میوه و حساسیت رشدرویشی و یا رشد میوه وجود دارد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر گسترش کم‌آبی در مرحله نهایی رشد میوه هلو بر وضعیت آبی درخت، حساسیت رشد رویشی و همبستگی بین رشد رویشی با پتانسیل آبی برگ درخت هلو در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش: این آزمایش در باغ تجاری شهد ایران واقع در ۳۰ کیلومتری مشهد، در سال زراعی ۱۳۹۰ انجام شد. خاک باغ شنی لومی به عمق ۲/۵ متر، pH برابر با ۷/۵۱ و متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۱۲ میلی‌متر بود. داده‌های بارندگی و تبخیر - تعرق پتانسیل (ETp) از ایستگاه هواشناسی گل‌مکان در نزدیکی باغ بدست آمد (شکل ۱، الف). میزان تبخیر - تعرق درخت هلو (ETc) از حاصلضرب تبخیر - تعرق پتانسیل در ضریب گیاهی هلو محاسبه شد که ضریب گیاهی با توجه به مراحل مختلف رشد متغیر بود (۲ و ۴).

طرح آزمایشی و ماده گیاهی: این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار کم‌آبی و در ۴ تکرار روی ۴ ردیف از درختان پر رشد ۸ ساله هلوی دیررس البرتا^۱ پیوند شده روی پایه‌های بذری با فاصله کاشت ۵ × ۴ متر و فرم هرس جامی انجام شد. با وجود بار سنگین درختان (حدود ۲۷۰ میوه بر درخت)، عملیات تنک کردن میوه با هدف حداکثر عملکرد تجاری، صورت نگرفت. هر ردیف کاشت به سه قسمت تقسیم شد که هر قسمت، از اواسط مرحله سخت شدن هسته (۲۲ خرداد) تا زمان برداشت میوه (۱ مهر)، یکی از سه سطح آبیاری را دریافت کرد. اندازه‌گیری‌ها روی ۴ درخت از هر تیمار صورت گرفت.

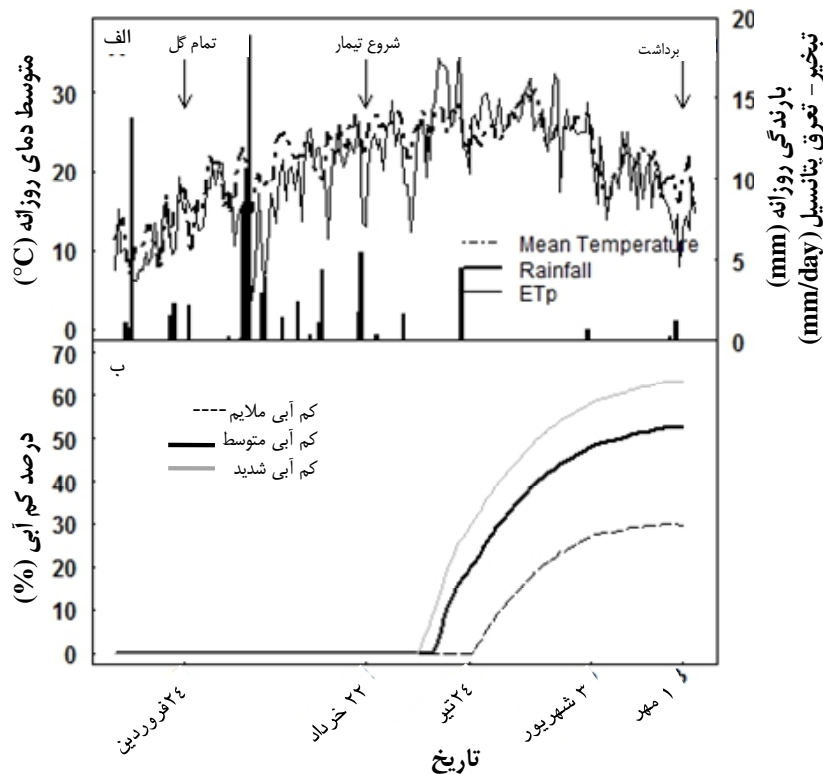
آبیاری قطره‌ای به کمک ۶ قطره‌چکان نصب شده در دو سوی هر درخت صورت گرفت. سه تیمار کم‌آبی بر اساس روش سنتی باغ تجاری به صورت ۵ روز بر هفته و ۳ ساعت در روز با استفاده از

2- Auger

3- Predawn leaf water potential

4- Midday leaf and stem water potential

1- Elberta



شکل ۱- (الف) متوسط دمای هوا، بارندگی و تبخیر- تعرق پتانسیل روزانه در ایستگاه هواشناسی گلکان؛ (ب) درصد کم‌آبی درختان هلو برای تیمارهای مختلف آبیاری در فصل رشدی ۱۳۹۰

جدول ۱- اجزای بیلان آبی ماهانه: تبخیر- تعرق گیاه هلو (ETc) و مجموع بارندگی، آبیاری و ذخیره آبی خاک در تیمارهای مختلف آبیاری

ماه	تبخیر- تعرق هلو (میلی‌متر)	تنش ملایم	تنش متوسط	تنش شدید
فروردین	۶	۹۴	۹۴	۹۴
اردیبهشت	۸۰	۳۰۶	۳۰۶	۳۰۶
خرداد	۲۵۴	۴۶۹	۴۲۲	۳۹۷
تیر	۶۰۴	۶۳۲	۵۰۷	۴۴۲
مرداد	۹۵۰	۷۹۰	۵۸۸	۴۸۲
شهریور	۱۱۵۴	۹۰۹	۶۴۹	۵۱۴

شد. به طوری که موقعیت جغرافیایی شاخه‌ها در همه‌ی درختان یکسان بود. روی هر یک از شاخه‌های انتخاب شده، ۱۲ شاخه‌ی مولد میوه^۳ علامت‌گذاری و سپس تعداد شاخه‌های نوظهور و طول شاخه‌های برگی روی آنها هفته‌ای یک‌بار از تمام گل تا زمان برداشت ثبت شد (۳۰). بعد از برداشت، همه‌ی برگ‌های روی شاخه اصلی جمع‌آوری و وزن تر آنها ثبت شد. سطح ۵ برگ در هر تیمار با سطح برگ سنج (مدل LI-3100) اندازه‌گیری شد. وزن خشک این برگ‌ها پس از ۲

هدایت‌روزنه‌ای و دمای برگ نیز با استفاده از پورومتر^۱ (پولمن، واشنگتن) محاسبه شدند. این اندازه‌گیری‌ها روی سه برگ بالغ در بالای تاج هر درخت (۱۲ برگ بر تیمار)، چندین بار در طول فصل رشد و بین ساعت ۱۰ صبح تا ۱۲ ظهر صورت گرفت.

اندازه‌گیری رشد شاخه: از هر درخت یکی از شاخه‌های تشکیل‌دهنده اسکلت اصلی^۲ (از مجموع ۴ شاخه بر درخت) انتخاب

1- Porometer
2- Scaffold

3- Fruit bearing shoot

نتیجه کاهش میزان آب آن از جمله عوامل پژمردگی برگ‌ها در شرایط تنش کم‌آبی محسوب می‌شود (۲۸). پژمردگی برگ‌ها به نوبه خود موجب از دست رفتن آماس و بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود (۱۶). همچنین با گسترش شدت کم‌آبی، پتانسیل آب ساقه از پتانسیل آب برگ کاهش شدیدتری داشت. سایر تحقیقات نیز نشان داده‌اند که اندازه‌گیری پتانسیل آب ساقه، شاخص کارآمدتری از پتانسیل آب برگ برای تشخیص تحت تنش بودن درختان است (۲۰ و ۲۴). دلیل این امر، بسته شدن سریع روزنه‌های برگ در تنش خشکی عنوان شده- است که از افت شدیدتر پتانسیل آب جلوگیری می‌کند (۱۰).

با توجه به شکل (۲، د)، اختلاف پتانسیل آب بین ساقه و برگ در تنش متوسط و شدید تا حدود صفر کاهش یافت، درحالی‌که در شرایط تنش ملایم در ۱۷ شهریور حدود ۰/۴۵ مگاپاسکال بود. حرکت آب از ساقه به سمت برگ ناشی از اختلاف پتانسیل آب بین ساقه و برگ است. بنابراین، جریان آب از ساقه به سمت برگ در شرایط کم‌آبی متوسط و شدید به شدت کاهش یافت. به طوری که منجر به کاهش میزان تبادلات گازی در برگ این درختان شد (شکل ۳). برای مثال، در طول فصل رشد، شدت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق برگی در شرایط تنش شدید، به ترتیب فقط ۳۳-۶۰ درصد، ۳۴-۷۲ درصد و ۳۳-۶۷ درصد شرایط کم‌آبی ملایم بود (شکل ۳ الف، ب و ج). در شرایط تنش متوسط نیز میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق برگی در فصل رشد، به ترتیب، ۵۸-۹۶ درصد، ۶۲-۹۲ درصد و ۷۰-۸۸ درصد تنش ملایم بود. این نتایج با نتایج اسکوبار-گوتییرز و همکاران (۱۳) روی نهال‌های هلو مطابقت داشت. مورندی و همکاران (۲۳) نشان دادند که تا وقتی که اختلاف پتانسیل آب معنی-داری بین ساقه و برگ وجود داشته باشد، این برگ‌ها آب بیشتری را دریافت خواهند کرد و در نتیجه تبادلات گازی خود را در سطح بالاتری حفظ می‌کنند. دمای برگ (شکل ۳، د) در طول فصل رشد بین ۲۸ تا ۳۸ درجه سانتیگراد متغیر بود و در تاریخ‌های مختلف اندازه‌گیری فقط سه بار تحت تاثیر تیمار کم‌آبی قرار گرفت. به‌دنبال بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش کم‌آبی، میزان تبخیر و تعرق از سطح برگ‌ها کاهش یافته و در نتیجه قابلیت خنک‌کنندگی آنها به شدت افت می‌کند. در چنین شرایطی دمای برگ ممکن است حتی از دمای هوای محیط بالاتر رود (۹). دمای بالای برگ به نوبه خود می‌تواند اثرات منفی جبران‌ناپذیری روی شدت فتوسنتز خالص برگ داشته باشد (۹).

سرعت فتوسنتز خالص حداکثر هلو در شرایط بهینه‌ی رشد بین ۲۰ تا ۲۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و میزان هدایت روزنه‌ای آن تا ۳۰۰ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه متغیر است (۶ و ۱۱). در حالیکه، در این آزمایش، حتی در درختان رشدکرده در تنش ملایم حداکثر سرعت فتوسنتز خالص ۱۱ میکرومول و هدایت روزنه‌ای کمتر از ۱۰۰ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه بود.

روز خشک شدن در دمای ۶۰ درجه آون تعیین شد (۱). سطح ویژه^۱ (سطح برگ/وزن برگ) و میزان ماده خشک^۲ (وزن خشک/بیوماس کل) برگ نیز تعیین شد (۱). از حاصلضرب سطح ویژه برگ در میزان ماده خشک برگ و وزن تر کل برگ‌های شاخه اصلی، سطح برگ کل تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها با نرم‌افزار آماری آر^۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین داده‌های سه تیمار کم‌آبی با آزمون دانکن ($p < 0.05$) مقایسه شدند. نمودارها با نرم‌افزار آر (<http://www.r-project.org/>) رسم شدند.

نتایج و بحث

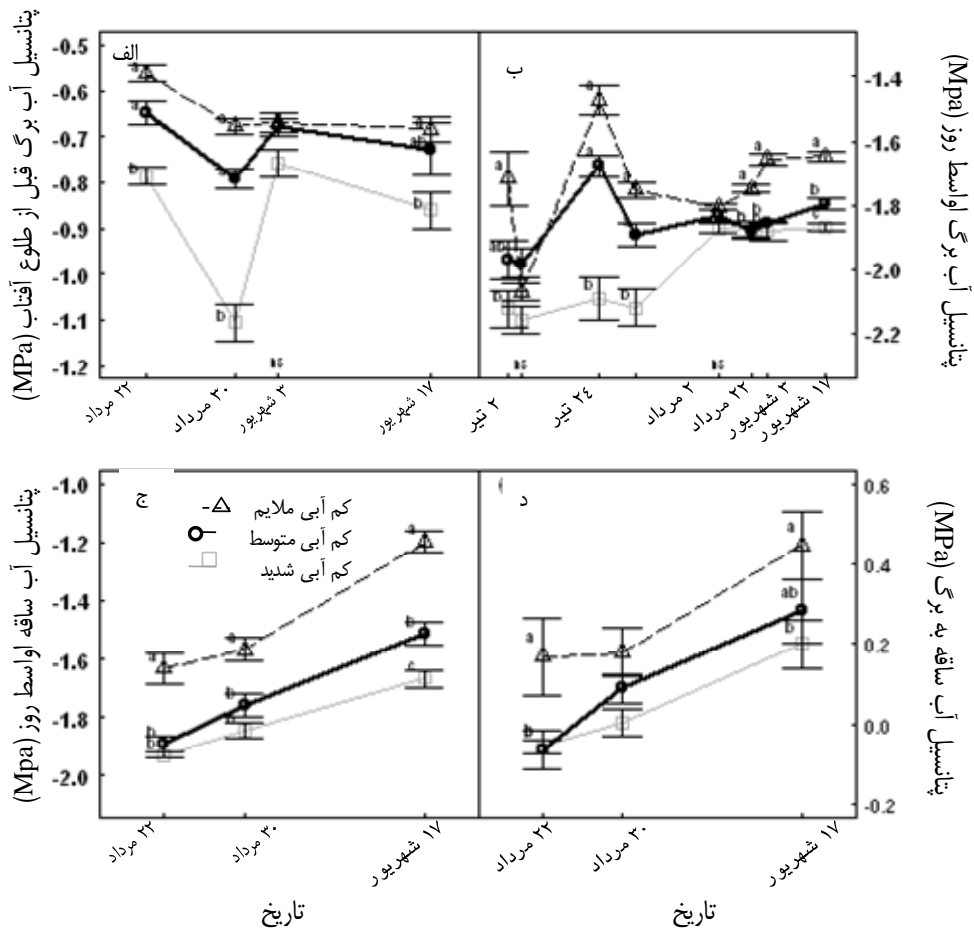
در درجه‌ی اول، تعیین درصد کم‌آبی درختان هلو در این مطالعه نشان داد که تیمار متداول آبیاری در باغ تجاری مورد آزمایش ما منجر به تنش کم‌آبی در این درختان شد. همچنین، لازم به یادآوری است که تعداد بالای میوه در این درختان و انجام ندادن عملیات تنک میوه در این باغ، می‌تواند حساسیت درختان را به تنش کم‌آبی افزایش داده و موجب کاهش بیشتر پتانسیل آب برگ درختان پربار شود (۷). علت این امر می‌تواند کاهش فشاراسمزی بافت هدایت‌گر آبکش ناشی از محدود شدن کربوهیدرات در درختان پربار باشد که خود منجر به افت تورژسانس و کاهش ورود آب به درختان دچار تنش کم‌آبی می‌شود (۱۴).

کمترین مقادیر پتانسیل آب برگ قبل از طلوع آفتاب (پتانسیل آب بیشینه برگ) در تیمار کم‌آبی شدید به دست آمد (شکل ۲، الف). اما در ۳ شهریور، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر پتانسیل آب بیشینه برگ دیده نشد که این امر به وقوع بارندگی در این زمان مربوط می‌شود. از دوم تیرماه به بعد (۱۱ روز بعد از شروع تیمارها)، پتانسیل آب برگ اواسط روز (پتانسیل آب کمینه برگ) در تیمار کم‌آبی شدید به صورت معنی‌داری کمتر از تیمار تنش ملایم بود (شکل ۲، ب). در صورتیکه، اختلاف بین تیمارهای تنش ملایم و متوسط از نظر پتانسیل آب کمینه برگ، ۷۰ روز بعد از شروع تیمارها معنی‌دار بود. تیمارهای مختلف کم‌آبی از نظر پتانسیل آب ساقه نیز اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۲، ج). پتانسیل آب ساقه در درختان دچار تنش شدید حدود ۰/۳ مگاپاسکال در ۳۰ مرداد تا حدود ۰/۵ مگاپاسکال در ۱۷ شهریور نسبت به درختان تنش ملایم کاهش یافت. این نتایج مبنی بر کاهش پتانسیل آب کمینه‌ی برگ و ساقه و پتانسیل آب بیشینه‌ی برگ با گسترش شدت کم‌آبی، با نتایج بست و همکاران (۸) در هلو مطابقت داشت. کاهش پتانسیل آب برگ و در

1- Specific leaf area (SLA)

2- Leaf dry matter content (LDMC)

3- R



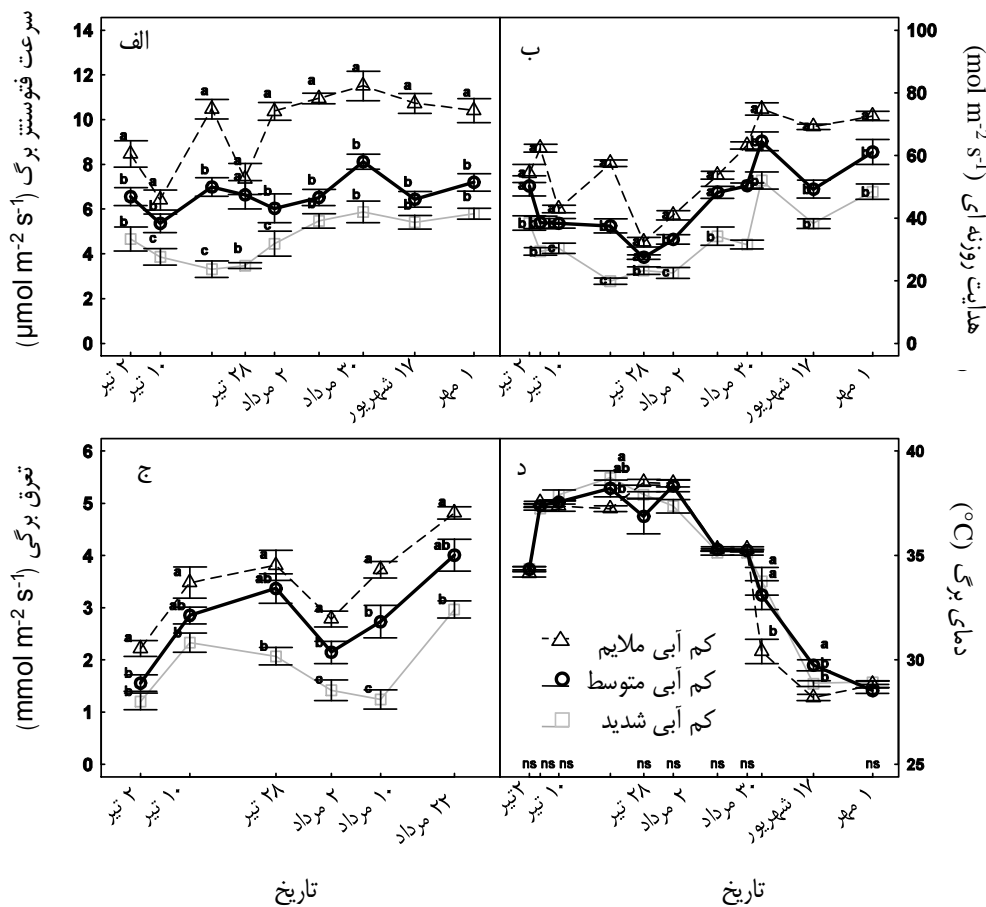
شکل ۲- روند (الف) پتانسیل آب برگ قبل از طلوع آفتاب، (ب) پتانسیل آب برگ و (ج) پتانسیل آب ساقه اواسط روز و (د) اختلاف پتانسیل آب بین ساقه و برگ در تیمارهای مختلف آبیاری. هر نقطه میانگین ۱۲ اندازه‌گیری و خطوط عمودی نشانگر خطای معیار توزیع میانگین‌ها است. حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

(ب)، سرعت فتوسنتز نرمالیزه شده (یعنی میزان فتوسنتز برگ تقسیم بر میزان حداکثر آن در هر تیمار کم‌آبی) با افزایش دمای برگ از ۳۳ درجه به ۳۸ درجه سانتیگراد، به میزان ناچیزی کاهش یافت که با نتایج دژونگ و مویینگ (۱۱) و هیجینز و همکاران (۱۸) مطابقت داشت. بدین ترتیب، سرعت پایین فتوسنتز در شرایط آب و هوایی مشهود ممکن است به اثرات منفی دمای هوای بالا نیز مربوط باشد (۲۷).

در این پژوهش اثر کم‌آبی بر رشد رویشی، از دو جنبه‌ی ظهور شاخه‌های فرعی و رشد طولی شاخه بررسی شد. سطوح مختلف کم-آبی موجب بروز اختلاف معنی‌داری در ظهور شاخه‌های جانبی روی شاخه‌های مولد میوه شد (شکل ۵، الف). دو ماه و نیم پس از شروع تیمار، تعداد شاخه‌های جدید روی درختان رشد کرده در شرایط کم‌آبی متوسط فقط ۳۶ درصد تعداد شاخه‌های جدید روی درختان دچار تنش ملایم بود.

در شکل ۴ (الف) میزان فتوسنتز برگ به صورت تابعی از هدایت روزنه‌ای رسم شده است که نشان می‌دهد با کاهش هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز برگ به صورت خطی کاهش یافت. کاهش سرعت فتوسنتز خالص و تعرق برگ همراه با محدود شدن هدایت روزنه‌ای در شرایط خشکی در سایر درختان میوه نیز گزارش شده است (۲۷). بسته شدن روزنه‌ها در تنش کم‌آبی خود ناشی از کاهش پتانسیل آب و از دست دادن آب برگ می‌باشد. علاوه بر این در شرایط مزرعه‌ای معمولاً تنش گرما، استرس کم‌آبی را همراهی می‌کند. افزایش دمای برگ ممکن است موجب کاهش عملکرد آنزیم رویبیسکو^۱ در چرخه کالوین^۲ و یا کاهش ملکول آدنوزین تری فسفات شده و بنابراین سرعت فتوسنتز برگ را محدود کند (۱۲ و ۲۹). با توجه به شکل ۴

1- Rubisco
2- Calvin

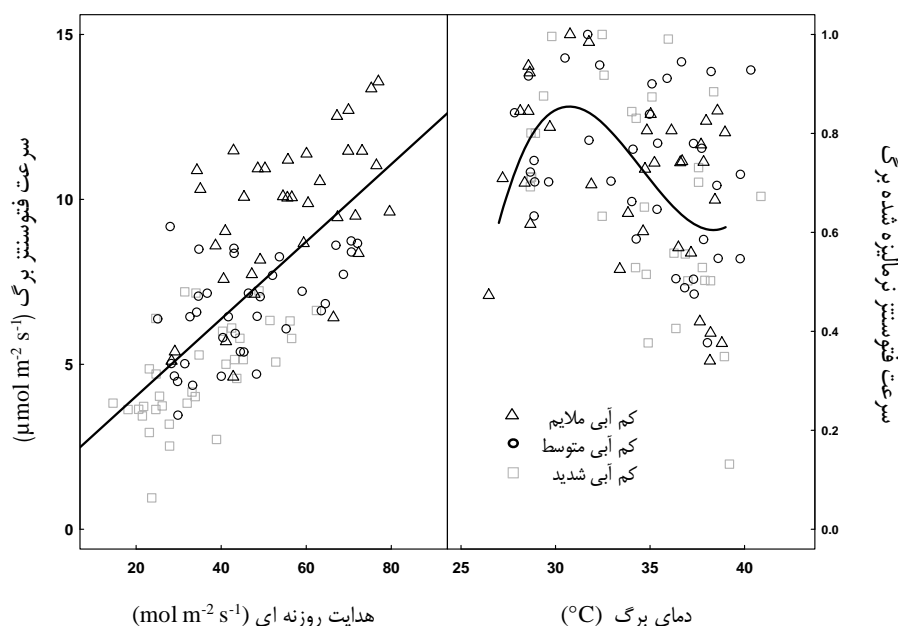


شکل ۳- روند تغییرات (الف) سرعت فتوسنتز خالص، (ب) هدایت روزنه‌ای، (ج) تعرق و (د) دمای برگ در تیمارهای مختلف آبیاری. هر نقطه میانگین ۲۰ اندازه‌گیری و خطوط عمودی نشانگر خطای معیار توزیع میانگین‌ها است. حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

درحالی‌که، روی درختان دچار تنش شدید، شاخه‌ی جدیدی ایجاد نشد. در شرایط تنش ملایم، طول شاخه بعد از پایان مرحله‌ی تشکیل میوه، به سرعت افزایش یافت، تا اینکه بعد از ۲ ماه و نیم (۳ شهریور) ثابت ماند. همچنین مدت رشد طولی شاخه بعد از شکسته‌شدن رکود جوانه، حدود ۱۰۰ روز بود. اختلاف معنی‌دار بین تیمار تنش ملایم و تنش متوسط از نظر رشد طولی شاخه، ۴۲ روز بعد از شروع تیمارها (۲ مرداد به بعد) مشاهده شد و مدت زمان رشد طولی شاخه ۲۴ روز کوتاه‌تر شد (شکل ۵، ب). در تیمار کم‌آبی شدید، کاهش رشد شاخه از ۱۴ روز بعد از شروع تیمار (۵ تیرماه به بعد) آغاز شد و مدت زمان رشد طولی ۶۰ روز کمتر از تیمار کم‌آبی ملایم بود. در زمان برداشت، متوسط طول شاخه در درختان دچار تنش کم‌آبی متوسط و شدید، به ترتیب ۴۴ درصد و ۷۲ درصد کمتر از درختان دچار تنش کم‌آبی ملایم بود. این نتایج با نتایج هیس و همکاران (۱۹) مبتنی بر کاهش ظهور و رشد شاخه در هلو مطابقت داشت. نتایج زوایفل و همکاران (۳۳) هم نشان داد که سرعت و مدت رشد رویشی در شرایط تنش کم‌آبی به شدت کاهش می‌یابد.

گسترش کم‌آبی همچنین موجب مرگ شاخه شد (شکل ۵، ج). به طوریکه، سه ماه بعد از شروع تیمارها، در درختان دچار تنش متوسط و شدید، به ترتیب حدود ۷ درصد و ۲۰ درصد شاخه‌هایی که قبلاً روی درخت رشد کرده‌بودند، خشک شدند. خشک‌شدگی به صورت زرد شدگی و پژمردگی برگ‌ها قابل رویت بود. مکانیسم‌های موثر در مرگ‌رویشی عبارتند از گرسنگی کربن^۱ و شکست هیدرولیک^۲ (۲۲). وقتی میزان آسیمیلات تولید شده از فتوسنتز برگ و از متحرک‌شدن بافتهای ذخیره‌ای درخت نتواند میزان کربن لازم برای تنفس و رشد درخت را تامین کند یا به عبارتی بیلان کربن درخت منفی شود، کمبود کربن منجر به مرگ‌رویشی می‌شود. همچنین در شرایط خشکی شدید و تبخیر- تعرق بالا، تشکیل حباب‌های هوا در بافت چوبی درخت و در نتیجه منقطع‌شدن جریان آب در درخت موجب کاهش ورود آب به بخش رویشی و مرگ بافت رویشی می‌شود (۲۲).

1-Carbon starvation
2- Hydraulic failure



شکل ۴- رابطه‌ی بین (الف) سرعت فتوسنتز خالص برگ و هدایت روزنه‌ای و (ب) سرعت فتوسنتز نرمالیزه شده (سرعت فتوسنتز تقسیم بر حداکثر آن در هر تیمار) و دمای برگ در سطوح مختلف آبیاری. هر نقطه میانگین سه اندازه‌گیری بر درخت است. منحنی‌های متناسب به داده‌های آزمایشی با استفاده از روش لواس^۱ رسم شدند.

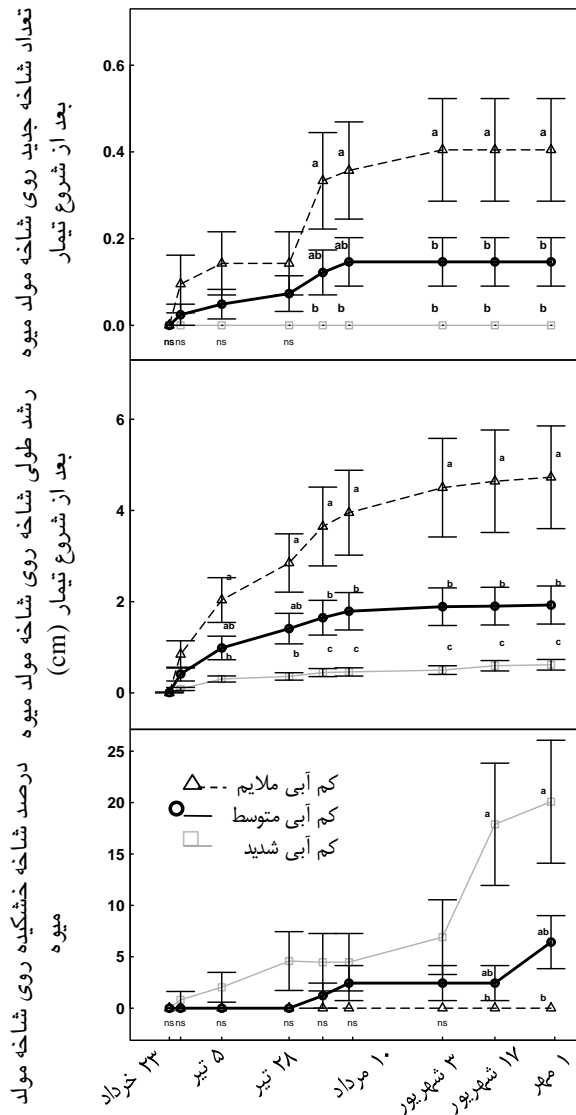
جدول ۲- مشخصات فیزیکی برگ درخت هلو در زمان برداشت برای تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	ماده خشک برگ (گرم بر ۱۰۰ گرم)	سطح ویژه برگ (سانتیمترمربع بر گرم)	وزن خشک برگ درخت (گرم)	سطح برگ درخت (مترمربع)
تنش ملایم	۲۶/۷۸ ± ۲/۲۸ b	۱۵۷/۵۷ ± ۱/۱۲ a	۱۸۸۰ ± ۱۵۲ a	۲۹/۵ ± ۲/۴ a
تنش متوسط	۲۷/۶۵ ± ۱/۶۴ b	۱۴۲/۸۳ ± ۰/۷۸ ab	۸۸۸ ± ۸۰ b	۱۲/۸ ± ۱/۰ b
تنش شدید	۳۴/۹۱ ± ۲/۱۳ a	۱۰۸/۹۲ ± ۰/۹۸ b	۵۰۰ ± ۸۵ c	۵/۶ ± ۰/۹ c

داده‌ها میانگین ۱۲ تکرار ± خطای معیار است. در هر ستون حروف لاتین مشابه نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

روی درختان دچار تنش متوسط و شدید نیز، به ترتیب ۴۷ درصد و ۲۷ درصد وزن خشک کل برگ‌های روی درختان دچار تنش ملایم بود. با توجه به شکل ۶ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت رشد شاخه و پتانسیل آب برگ اواسط روز وجود داشت که با نتایج گمزدل کامپو (۱۵) در زیتون رقم آربکواینا^۲ مطابقت داشت. سرعت رشد شاخه به صورت لگاریتمی با افزایش پتانسیل آب برگ در اواسط روز افزایش یافت (شکل ۶). همچنین این رابطه نشان می‌دهد که رشد شاخه به اندازه‌ی ۳۰ درصد و ۵۰ درصد در پتانسیل آب برگ به ترتیب، ۱/۵۶- و ۲/۳- مگاپاسکال کاهش می‌یابد.

سطح ویژه برگ در شرایط تنش کم‌آبی متوسط و شدید به ترتیب، تا ۱۰ درصد و ۳۰ درصد نسبت به شرایط تنش ملایم کاهش یافت (جدول ۲). درصد ماده خشک برگ در تنش کم‌آبی شدید حدود ۳۰ درصد بیشتر از شرایط تنش ملایم بود. اما از این نظر بین برگ درختان دچار کم‌آبی ملایم و متوسط اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲). کاهش سطح ویژه برگ و افزایش درصد ماده خشک برگ در هلو (۲۶) و بادام (۳۲) گزارش شده است. اثر منفی کم‌آبی روی شاخه، رشد طولی شاخه و رشد برگ منجر به کاهش معنی‌دار سطح برگ کل درخت شد. به‌طوریکه سطح برگ درختان دچار کم‌آبی متوسط و شدید در زمان برداشت، به ترتیب ۴۳ درصد و ۱۹ درصد سطح برگ درختان دچار تنش ملایم بود. وزن خشک کل برگ‌های

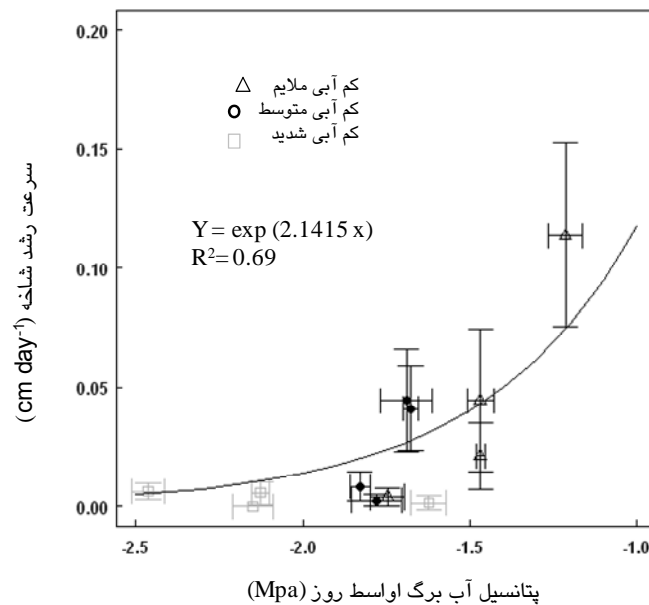


شکل ۵- روند (الف) ظهور شاخه روی شاخه مولد میوه، (ب) رشد طولی شاخه از زمان شروع تیمار و (ج) مرگ شاخه در طی فصل رشد برای تیمارهای آبیاری. هر نقطه میانگین ± 4 اندازه گیری و خطوط عمودی نشانگر خطای معیار توزیع میانگین ها است. حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار میانگین ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش، دو فرایند را در کاهش میزان آسیمیلات تولید شده در سطح درخت هلو با گسترش تنش کم آبی پیشنهاد می کنند: یکی کاهش سطح برگ کل درخت (تا حدود ۵۷ درصد و ۷۹ درصد در زمان برداشت به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به تنش ملایم) و دیگری کاهش سرعت فتوسنتز خالص برگ (تا حدود ۲۳ درصد و ۵۰ درصد در طول فصل رشد به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به تنش ملایم). همچنین این پژوهش

اطلاعاتی در مورد میزان پتانسیل آب برگ آستانه درختان هلو در اختیار ما قرار می دهد. برای مثال در دوره ی رشدی شاخه، در صورتیکه پتانسیل آب برگ بیش از $-1/56$ - مگاپاسکال باشد، سرعت رشد رویشی بالا خواهد بود. اما اگر پتانسیل آب برگ تا $-2/3$ - مگاپاسکال کاهش یابد، رشد رویشی تا ۵۰ درصد کاهش می یابد.



شکل ۶- رابطه‌ی بین سرعت رشد شاخه و پتانسیل آب برگ در اواسط روز برای تیمارهای مختلف آبیاری. خطوط عمودی و افقی نشانگر خطای معیار توزیع میانگین‌های به ترتیب رشد شاخه و پتانسیل آب برگ اواسط روز است.

منابع

- ۱- بنایان م، رحمتی م، غنی ع. و قویدل ه. ۱۳۸۹. آنالیز کمی رشد و تولید دو رقم محلی و تجاری تربچه در واکنش به تراکم کاشت. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۸ (۶): ۱۰۰۲-۱۰۱۱.
- ۲- قمرنیا ه. و رضوانی س. ۱۳۹۳. محاسبه و پهنه‌بندی تبخیر- تعرق با استفاده از الگوریتم سبال (SEBAL) در غرب ایران (دشت میان‌دریند). نشریه آب و خاک (۱)۲۸: ۷۲-۸۱.
- ۳- سیاری ن، قهرمان ب. و داوری ک. ۱۳۸۶. بررسی توزیع رطوبت خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در باغ‌های پسته (مطالعه موردی: اراضی رفسنجان با آب‌های شور). پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی ۷(۳): ۶۵-۷۷.
- 4- Allen R., Pereira L., Dirck R. and Smith M. (eds) 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 5- Arndt S., Wanek W., Clifford S. and Popp M. 2000. Contrasting adaptations to drought stress in field-grown *Ziziphus mauritiana* and *Prunus persica* trees: water relations, osmotic adjustment and carbon isotope composition. Australian Journal of Plant Physiology 27 (11):985-996.
- 6- Ben Mimoun M., Lescouret F. and Génard M. 1999. Modelling carbon allocation in peach shoot bearing fruit: simulation of the water stress effect. Fruits 54:129-134.
- 7- Berman M.E. and Dejong T.M. 1996. Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). Tree Physiology 16: 859-864.
- 8- Besset J., Génard M., Girard T., Serra V. and Bussi C. 2001. Effect of water stress applied during the final stage of rapid growth on peach. Scientia Horticulturae 91:289-303.
- 9- Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.L., Ricardo C.P.P., Osorio M.L., Carvalho I. Faria T. and Pinheiro C. 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Annals of Botany 89: 907-916.
- 10- Choné X., Leeuwen C., Dubourdieu D. and Gaudillere J.P. 2001. Annals of Botany 87: 477-483.
- 11- DeJong T.M. and Moing A. 2008. Carbon assimilation, partitioning and budget modelling. In: Layne DR, Bassi D (eds) The Peach: Botany, Production and Uses, vol 1. CABI, pp 244-263.
- 12- Egea G., Dodd I., González M., Domingo R. and Baille A. 2011. Partial root zone drying improves almond tree leaf-level water use efficiency and afternoon water status compared with regulated deficit irrigation. Functional plant biology, 38: 372- 385.

- 13- Escobar-Gutierrez A.J., Zipperlin B., Carbonne F., Moing A. and Gaudillere J.P. 1998. Photosynthesis, carbon partitioning and metabolite content during drought stress in peach seedlings. *Australian Journal of Plant Physiology* 25:197-205.
- 14- Fishman S. and Génard M. 1998. A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass. *Plant, cell and environment* 21: 739-752.
- 15- Gómez-del-Campo M. 2013. Summer deficit irrigation in a hedgerow olive orchard cv. Arbequina: relationship between soil and tree water status, and growth and yield components. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 547-557.
- 16- Granier A., Loustau D. and Breda N. 2000 A generic model of forest canopy conductance dependent on climate, soil water availability and leaf area index. *Annals of Forest Science* 57: 755-765.
- 17- Grossman Y. and Dejong T.M. 1995. Maximum vegetative growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany*, 76: 473-482.
- 18- Higgins S.S., Larsen F.E., Bendel R.B., Rademaker G.K., Bassman J.H., Bidlake W.R. and Al Wir A. 1992. Comparative gas exchange characteristics of potted, glasshouse-grown almond, apple, fig, grape, olive, peach and Asian pear. *Scientia Horticulturae* 1992:313-329.
- 19- Hippias N.A., Pages L., Huguet J.G. and Serra V. 1995. Influence of controlled water supply on shoot and root development of young peach trees. *Tree physiology* 15:95-103.
- 20- Johnson R.S. 2008. Nutrient and water requirements of peach trees. In: Layne DR, Bassi D (eds) *The peach: botany, production and uses*, vol 1. CABI, pp 303-331.
- 21- Lo Bianco R., Rieger M. and Sung S.S. 2000. Effect of drought on sorbitol and sucrose metabolism in sinks and sources of peach. *Physiologia Plantarum* 108:71-78.
- 22- McDowell N.G. 2011. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. *Plant Physiology* 155:1051-1059.
- 23- Morandi B., Losciale P., Manfrini L., Zibordi M., Anconelli S., Galli F., Pierpaoli E. and Grappadelli L.C. 2014. Increasing water stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. *Journal of Plant Physiology* 171: 1500-1509.
- 24- Naor A., Naschitz S., Peres M. and Gal Y. 2008. Responses of apple fruit size to tree water status and crop load. *Tree Physiology* 28:1255-1261.
- 25- Rieger M. 1995. Offsetting effects of reduced root hydraulic conductivity and osmotic adjustment following drought. *Tree Physiology* 15: 379-385.
- 26- Rieger M., Lo Bianco R. and Okie W.R. 2003. Responses of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology* 23:51-58.
- 27- Rosati A., Metcalf S., Buchner R., Fulton A. and Lampinen B. 2006. Tree water status and gas exchange in walnut under drought, high temperature and vapour pressure deficit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81 (3):415-420.
- 28- Sala A., Woodruff D.R. and Meinzer F.C. 2012. Carbon dynamics in trees: feast or famine? *Tree Physiology* 32, 764-775.
- 29- Vico G. and Porporato A. 2008. Modelling C3 and C4 photosynthesis under water-stressed conditions. *Plant Soil* 313:187-203.
- 30- Walcroft A.S., Lescourret F., Génard M., Sinoauet H., Le Roux X. and Donés N. 2004. Does variability in shoot carbon assimilation within the tree crown explain variability in peach fruit growth? *Tree Physiology* 24, 313-322.
- 31- Woodruff D.R. and Meinzer F.C. 2011. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer. *Plant Cell Environment* 34:1920-1930.
- 32- Yadollahi A., Arzani K., Ebadi A., Wirthensohn M. and Karimi S. 2011. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. *Scientia Horticulturae* 129: 403-413.
- 33- Zweifel R., Zimmermann L., Zeugin F. and Newbery D.M. 2006. Intra-annual radial growth and water relations of trees: implications towards a growth mechanism. *Journal of Experimental Botany* 57 (6):1445-1459.

Effect of Water Deficit Stress on Peach Growth under Commercial Orchard Management Conditions

M. Rahmati¹ - Gh. Davarynejad^{2*} - M. Bannayan Awal³ - M. Azizi⁴

Received: 08-06-2014

Accepted: 29-09-2014

Abstract

In order to study the sensitivity of vegetative growth to water deficit stress of a late-maturing peach (*Prunus persica* L. cv. Elberta) under orchard conditions, an experiment was conducted as randomized complete-block design with three treatments and four repetitions in Shahdiran commercial orchard in Mashhad during 2011. Three irrigation treatments including 360 (low stress), 180 (moderate stress) and 90 (severe stress) m³ha⁻¹week⁻¹ using a drip irrigation system (minimum stem water potential near harvest: -1.2, -1.5 and -1.7 MPa, respectively) from the mid-pit hardening stage (12th of June) until harvest (23rd of Sep.) applied. Predawn, stem and leaf water potentials, leaf photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and leaf temperature, the number of new shoots on fruit bearing shoots and vegetative shoots lengths during growing season as well as leaf area at harvest were measured. The results showed that water deficit stress had negative effects on peach tree water status, thereby resulting in decreased leaf gas exchange and tree vegetative growth. As significant decreased assimilate production of tree was resulted from both decreased leaf assimilation rate (until about 23 % and 50 %, respectively under moderate and severe stress conditions compared to low stress conditions) and decreased leaf area of tree (until about 57% and 79%, respectively under moderate and severe stress conditions compared to low stress conditions at harvest). The significant positive correlation between leaf water potential and vegetative growth of peach revealed that shoot growth would decrease by 30% and 50% of maximum at leaf water potential of -1.56 and -2.30 MPa, respectively.

Keywords: Drought, Photosynthesis, Stomatal Conductance, Transpiration, Water Potential

1,2,4- PhD Student and Professors, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: davarynej@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran