بررسی تأثیر مدیریت‌های کم‌آبیاری بر راندمان مصرف آب و برخی خصوصیات فیزیولوژیک و فنولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*)

نگار نورمهناد[۱]، محمدرضا نوری امامزاده‌ئی[۱*]، بهزاد قربانی[۱] و عبدالرحمن محمدخانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۸/۱۹)

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب از عوامل اصلی کاهش تولید محسوب می‌شود. در چنین شرایطی، کم‌آبیاری به عنوان یک راهبرد مدیریتی مهم برای تعدیل شرایط تنش آبی توصیه شده است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر دو نوع مدیریت آبیاری (کم‌آبیاری سنتی و بخشی) بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک، فنولوژیک و راندمان مصرف آب گیاه گوجه‌فرنگی انجام شده است. به این منظور یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار آبیاری و چهار تکرار تعریف شد. تیمارهای آبیاری شامل کم‌آبیاری DI75 و DI50 (به ترتیب تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) بود که در آنها آب مورد نیاز گیاه به طور معمول به تمام محیط ریشه داده می‌شد و تیمارهای آبیاری بخشی PRD75 و PRD50 (تأمین ۷۵ و۵۰ درصد نیاز آبی) که آب مورد نیاز گیاه در هر بار آبیاری فقط به یک سمت محیط ریشه داده می‌شد و بخش تر و خشک به طور متناوب جابه‌جا می‌شدند. تیمار FI (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) نیز به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین راندمان مصرف آب (۶/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار PRD75 و کمترین راندمان (۱/۹۸کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار DI50 به دست آمد. راندمان مصرف آب در تیمار کم‌آبیاری معمولی (DI50) ۶۷ درصد کاهش و در تیمار آبیاری بخشی (PRD75) ۴/۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت. اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه نشان داد که در تمام مراحل، همواره میزان آماس نسبی در تیمارهای PRD نسبت به تیمارهای DI بالاتر بود. نتایج تجزیه واریانس قطر روزنه برگ بیانگر معنی‌دار شدن اثر تیمارها در سطح ۵ درصد بود. به‌طوری‌که با افزایش آب آبیاری، قطر روزنه‌ها نیز افزایش یافت. به علاوه قطر بازشدگی روزنه‌ها در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری سنتی بیشتر از تیمارهای آبیاری بخشی بود. از نظر تعداد روزنه در واحد سطح برگ، تیمار آبیاری کامل بیشترین و تیمارDI50 کمترین تعداد روزنه را دارا بودند (به ترتیب ۱۰۵۰۹/۰۴ و ۶۹۰۴/۴). از نظر خصوصیات فنولوژیک بین تیمارهای آبیاری به لحاظ درجه- روز مورد نیاز تا زمان میوه‌دهی و درجه- روز مورد نیاز تا زمان برداشت در سطح ۵ درصد تفاوتی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: کنیک PRD، جعبه کشت، عملکرد، درجه- روز رشد، قطر روزنه، درصد نسبی آب برگ

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nouri1351@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

مقدمه

کم‌آبیاری (Deficit Irrigation) به عنوان تکنیکی که قابلیت افزایش راندمان مصرف آب را داراست در مورد محصولات مختلف، به خصوص محصولات پرتوقع از نظر نیاز آبی، به کار گرفته شده است. این تکنیک هم بر کیفیت و هم بر کمیت محصولات تأثیرگذار است.گوجه‌فرنگی نیز به عنوان یک محصول نسبتاً پر مصرف در سبد خانوار، از اهمیت خاصی برخوردار بوده و ضرورت دارد تحقیقات مختلفی در ارتباط با تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و روش اعمال کم‌آبیاری روی آن انجام شود.

کم‌آبیاری یک روش آبیاری نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری به شمار می‌رود که تأثیر ویژه‌ای در مدیریت منابع آب و نهایتاً در اقتصاد کشاورزی دارد (۲۱).

در تکنیک آبیاری بخشی (Partial Rootzone Drying, PRD) سیستم ریشه گیاه به دو قسمت تقسیم می‌شود و در هر بار آبیاری فقط یک سمت ریشه‌ها آبیاری می‌گردد وسمت دیگر خشک باقی می‌ماند و قسمت آبیاری شده طی تناوب‌های مختلف بسته به مدیریت اعمالی جابه‌جا می‌شود. در واقع هدف از این آبیاری، حفظ آب است، که در هر زمان فقط بخشی از ناحیه ریشه مرطوب می‌شود. به هر حال، این دو روش اعمال آبیاری از دو جنبه کلیدی با هم تفاوت دارند. کم‌آبیاری به روش سنتی در واقع اعمال مدیریت و اداره زمان می‌باشد در حالی‌که آبیاری بخشی اعمال مدیریت و دستکاری روی مکان است.

طبق تحقیق شرایعی و همکاران (۲) کاهش میزان آب آبیاری در گوجه‌فرنگی ابتدا کارایی مصرف آب را افزایش داده ولی کاهش بیشتر آب، باعث کم شدن کارایی مصرف آب شده است. با کم شدن میزان آب مصرفی، تولید محصول نیز کاهش یافته است. اما به لحاظ این‌که این کاهش کمتر از کاهش مربوط به کمبود آب بوده، لذا کارایی مصرف آب زیادتر شده است. نتایج تحقیقات پین و درو (۲۵) نیز نشان می‌دهد که با کاهش مصرف آب،کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. شایان نژاد (۱) در تحقیقی تأثیر آبیاری شیاری یک در میان را بر راندمان مصرف آب سیب‌زمینی بررسی کرد و نشان داد که روش مذکور به طور معنی‌داری راندمان مصرف آب را افزایش می‌دهد.

آبیاری بخشی، راندمان کاربرد آب را بدون کاهش چشمگیر در عملکرد بهبود می‌بخشد (۱۶). در این تکنیک بخشی از سیستم ریشه در معرض خشک شدن می‌باشد در حالی‌که قسمت باقی‌مانده به طور معمول آبیاری می‌شود. بخش خشک و تر به تناوب مطابق سرعت خشک شدن خاک و نیاز آبی گیاه جابه‌جا می‌شوند. این سیستم آبیاری بر اساس دو تئوری زیر استوار می‌باشد:

الف) آبیاری کامل گیاهان معمولاً باز شدگی وسیعی از روزنه‌ها را به همراه دارد. باز شدگی اندک روزنه‌ها، بدون آن که اثر زیادی روی فتوسنتز بگذارد، تلفات آب را کاهش می‌دهد (۲۰).

ب) بخشی از سیستم ریشه که در خاک خشک قرار دارد می‌تواند با فرستادن پیام‌هایی به سمت اندام‌های هوایی، نسبت به خشکی عکس‌العمل نشان دهد و باعث بسته شدن روزنه‌ها شود (۵).

آبیاری بخشی می‌تواند به صورت متناوب و ثابت انجام شود؛ یعنی دو نیمه تر و خشک ممکن است در هر بار یا در هر چند دور آبیاری جابه‌جا شوند و یا حتی فقط یک نیمه از سیستم ریشه آبیاری شود. همواره تفاوت چشمگیری بین محتوای آب خاک در هر دو سمت محیط ریشه در آبیاری بخشی وجود دارد.

در مطالعه‌ای دیگر راندمان کاربرد آب در سیب‌زمینی در هر دو روش مدیریت آبیاری بخشی و آبیاری کامل مشابه بود. در نتیجه، با تأمین مقدار ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه اعمال دو روش آبیاری بخشی و کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری در ماده خشک و راندمان کاربرد آب ایجاد ننمودند (۱۳). لاویز و همکاران (۲۲) نیز آبیاری بخشی را روی انگور مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تحت این نوع آبیاری راندمان کاربرد آب و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

کیفیت میوه بهبود پیدا می‌کند ولی فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و رشد گیاه کاهش می‌یابد.

وهبی و همکاران (۳۱) تأثیر تیمارهای PRD را روی درختان زیتون بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تیمارهایPRD بر نسبت آب برگ، افزایش مقاومت روزنه‌ای و متعاقباً پتانسیل آب برگ اثر چشمگیری دارند. چون پتانسیل آب گیاه در تعادل با بخش مرطوب خاک است (۱۸) بنابراین گیاهان تحت آبیاری PRD پتانسیل آب گیاه را، مثل گیاهانی که به خوبی آبیاری شده‌اند، بالا نگه می‌دارند (۲۷ و۳۶). استول و همکاران (۲۹) نیز نشان دادند در پتانسیل آب برگ تحت PRD تغییری پدید نمی‌آید ولی درای و بیندون (۱۰) در بررسی آبیاری بخشی روی انگور، کاهش در پتانسیل را مشاهده کردند. مینگو و همکاران (۲۴) و گوونگ و همکاران (۱۵) بیان کردند که با فراهم کردن آب برای نیمی از ریشه‌ها، آماس سلول‌ها بیشتر از وقتی است که آبیاری کامل انجام می‌شود.

آبیاری بخشی می‌تواند رشد ریشه را تحریک کند و مقدار ثابتی سیگنال برای تنظیم فیزیولوژی اندام‌های هوایی ایجاد کند. در حالی که در گیاهان تحت کم‌آبیاری سنتی بعضی از ریشه‌ها که برای مدت طولانی در خاک خشک قرار می‌گیرند، می‌میرند و سیگنال‌ها را کاهش می‌دهند و این امر باعث کمبود آب در اندام هوایی می‌شود (۸). طبیعت این سیگنال‌ها بسیار پیچیده است، در بعضی از مقالات به سیگنال‌های شیمیایی اشاره شده (۷، ۱۵ و ۲۷)، در بعضی سیگنال‌های هیدرولیکی (۳۴) و عده‌ای هم از هر دو نوع یاد کرده‌اند (۴ و ۳۰).

ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که ریشه‌ها به شرایط رطوبتی خاک حساس‌اند و با فرستادن پیام‌هایی به اندام هوایی باعث ایجاد پاسخ‌های دفاعی مثل بسته شدن روزنه‌ها و محدود کردن سرعت رشد و توسعه برگ‌ها و در نتیجه موجب کاهش هدر رفت آب می‌شوند (۵، ۱۵، ۱۹، ۲۶ و ۳۶). اخیراً دوس سانتوز و همکاران (۱۱) اطلاعات بیشتری در مورد گیاهان تحت آبیاری بخشی به دست آوردند که نشان می‌دهد این نوع آبیاری هدایت روزنه‌ای را بدون تأثیر در تثبیت دی‌اکسیدکربن کاهش داده و باعث افزایش راندمان مصرف آب می‌شود.

در تحقیقی سیگنال‌های فرستاده شده در اثر تکنیک PRD از ریشه به اندام‌های هوایی در سیب ارزیابی شد. تحت این شرایط رشد، گیاه آبسیسیک اسید (ABA) آزاد می‌کرد که باعث کاهش رشد برگ‌ها و بازشدگی روزنه‌ها می‌شد و در نتیجه سرعت تعرق را کاهش می‌داد. ولی بدون تغییر در عملکرد، راندمان کاربرد آب را بهبود می‌بخشید. این سیگنال‌ها در سطوح بالاتر تنش، چشمگیرترند (۲۳). در واقع یک نقش اساسی آبسیسیک اسید کنترل باز شدگی روزنه‌هاست (۳۳) و در زمان مواجه شدن با کمبود آب موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. در این زمینه تحقیقات زیادی در شمال استرالیا روی انگور، مرکبات و گلابی انجام شده است. آنها هنگامی که یک سمت ریشه را به طور متناوب هر دو هفته یک بار آبیاری می‌کردند، دریافتند که سطح آبسیسیک اسید در این گیاهان در مقایسه با گیاهان تحت آبیاری سنتی بالاتر است و باز شدگی روزنه‌ها در آنها کاهش می‌یابد (۲۷ و ۲۹).

پژوهش حاضر با هدف مقایسه و ارزیابی تأثیر دو نوع مدیریت کم‌آبیاری یعنی PRD به عنوان یکی از روش‌های نوین کم‌آبیاری و کم‌آبیاری سنتی در قیاس با آبیاری کامل به عنوان شاهد بر عملکرد و راندمان مصرف آب و نیز برخی خصوصیات فیزیولوژیک و فنولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مجاورت گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. منطقه آزمایش در ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا واقع شده و دارای اقلیم نیمه خشک (به روش دومارتن) است.

در طول دوره بررسی دمای حداقل و حداکثر منطقه ۴ و ۳۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۹ تا ۷۷ درصد بود. برای انجام آزمایش ابتدا نشا گیاه گوجه‌فرنگی که قبلاً در خزانه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

کشت شده بود به محل طرح منتقل و در تعداد ۲۰جعبه کشت شد. جنس جعبه‌ها چوبی بود و با طول، عرض و ارتفاع ۶۰، ۳۵ و ۴۰ سانتی‌متر انتخاب گردیدند. در هر جعبه سه نشا کشت شد. خاک جعبه‌هادارای بافت متوسط لوم رسی بود.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. در تیمار آبیاری کامل (FI)، ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در اختیار آن قرار گرفت. در تیمارهای کم‌آبیاری سنتی (DI75 و DI50) ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه تأمین گردید و این میزان آب به تمام محیط ریشه داده شد. در تیمارهای آبیاری بخشی(PRD75 و PRD50) نیز ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه تأمین شد ولی این میزان آب در هر نوبت آبیاری فقط به نیمی از محیط ریشه داده شد و این بخش نیز به تناوب، مطابق با سرعت خشک شدن خاک جا به جا شد. در تیمارهای PRD، جعبه‌ها به شکلی طراحی شدند که خاک درون جعبه دقیقاً به دو نیم تقسیم شود. ارتباط این دو نیمه کاملاً قطع بوده و هیچ‌گونه تبادل رطوبتی نداشتند. برای این منظور از ورق‌های پلاستیکی کارتن پلاست استفاده شد. در هنگام نشا، بوته‌های گوجه‌فرنگی به شکلی کشت شدند که ریشه‌ها در طرفین این دو نیمه مجزا توسعه یابند. علاوه بر این در زمان انجام آبیاری دو نیمه جعبه‌های مربوط به تیمار PRD به طور متناوب آبیاری شدند. آب مورد نیاز بوته‌ها از آب شرب دانشگاه شهرکرد تأمین شد.

پس از کاشت نشا، بوته‌های گوجه‌فرنگی تا زمان استقرار کامل در خاک به روش معمول و کامل توسط آبپاش آبیاری شدند. در ۱۳ خرداد ماه ۱۳۸۵ یعنی تقریباً ۴ هفته پس از نشاکاری، زمانی که احتمال صدمه به نشاها در اثر کم‌آبیاری کاهش یافت، تیمارها اعمال شدند. به منظور تعیین نیاز آبی از آمار هواشناسی دوازده سال گذشته ایستگاه شهرکرد استفاده شد و با استفاده از روش پنمن- مانتیث، تبخیر- تعرق پتانسیل تعیین شد. در این راستا از ضریب گیاهی ارائه شده برای گوجه فرنگی استفاده شد و در نهایت تبخیر- تعرق گیاه محاسبه گردید. آب مورد نیاز تیمارها برای ۱۰۰ درصد نیاز گیاه به صورت حجمی برآورد گردید. سپس با در نظر گرفتن سطوح مختلف آبیاری، میزان آب آبیاری تیمارها محاسبه و به هر جعبه داده شد. زمان آبیاری نیز با استفاده از تانسیومترهایی که در جعبه تیمار شاهد قرار داده شده بود و منحنی رطوبتی خاک تعیین شد.

به منظور محاسبهٔ درجه- روز رشد از درجه حرارت ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرکرد مربوط به سال ۱۳۸۵- ۱۳۸۴ استفاده گردید. هم‌چنین برای تعیین خصوصیات روزنه‌ای در یک زمان مشخص از روز، به طور هم‌زمان چند نمونه برگ از هر جعبه انتخاب شدند و با استفاده از روش نسخه‌برداری خصوصیات موردنظر تعیین شد (۳۲). جهت تعیین وضعیت آب برگ نیز از برگ‌های هر تیمار چند نمونه تهیه شد و پس از تعیین وزن به مدت ۲۴ ساعت در آب در زیر نور قرار گرفتند تا وزن اشباع آنها به دست آید. سپس در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته و وزن خشک آنها نیز تعیین شد. در اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ(Relative Water Content) که با شاخص RWC نشان داده می‌شود از رابطه ۱ استفاده گردید.

$$RWC = \frac{(\text{وزن برگ تازه}) - (\text{وزن برگ خشک شده})}{(\text{وزن برگ آماس}) - (\text{وزن برگ خشک شده})} \quad [1]$$

پس از ثبت و جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها توسط روش دانکن و نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

الف) عملکرد و راندمان مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین تیمارها در سطح پنج درصد از نظر راندمان مصرف آب و عملکرد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. کاهش آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد موجب کاهش عملکرد میوه به میزان ۳۵ و ۲۱ درصد به ترتیب در کم‌آبیاری سنتی و آبیاری بخشی شد و کاهش آب به میزان ۵۰ درصد نیز موجب تقریباً ۸۳ درصد کاهش عملکرد میوه در هر دو نوع کم‌آبیاری شد. این موضوع با نتایج زگب و همکاران (۳۵) مطابقت دارد. تیمار ۱۰۰ درصد نسبت به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

جدول ۱. تجزیه واریانس راندمان مصرف آب و عملکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	راندمان مصرف آب	عملکرد محصول
تیمار	۴	۱۷/۹۵**	۱۸۱۶/۵۲**
خطا	۱۵	۱/۰۵	۸۹/۰۰
ضریب تغییرات	-	۲۳/۸۷	۲۹/۸۳
p	-	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

تیمارهای ۷۵ درصد و تیمارهای ۷۵ درصد نسبت به تیمارهای ۵۰ درصد عملکرد بالاتری داشتند (شکل ۱).

تحقیق میشل و همکاران (به نقل از ۲) در دانشگاه کالیفرنیا روی محصول گوجه‌فرنگی، نیز نشان داد که کم‌آبیاری، عملکرد و ذخیره آب گوجه‌فرنگی را کاهش می‌دهد. نورجو و همکاران (۳) نیز کاهش عملکرد در اثر تنش آبی در گوجه فرنگی را تأیید کردند. کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در اثر کمبود آب با نظر رحمان و همکاران، شینوهارا و همکاران و باغانی و بیات نیز مطابقت دارد (به نقل از ۳). این کاهش عملکرد در اثر کم‌آبیاری احتمالاً به دلیل حساس بودن گیاه گوجه‌فرنگی به کمبود آب و در نتیجه کاهش فتوسنتز و انتقال مواد به سمت میوه است.

از نظر راندمان مصرف آب، بیشترین میزان در تیمار PRD75 (۶/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب) و کمترین آن در تیمار DI50 (۱/۹۸کیلوگرم بر متر مکعب) ملاحظه می‌شود. راندمان مصرف آب در سطح آبیاری ۷۵ درصد در تیمار آبیاری بخشی با تیمار شاهد (آبیاری کامل) بر اساس آزمون دانکن یکسان است. راندمان مصرف آب در تیمار کم‌آبیاری معمولی (DI50) ۶۷ درصد کاهش و در تیمار آبیاری بخشی (PRD75) ۴/۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت (شکل ۱). با توجه به این‌که میزان محصول تولیدی از تیمارهای با تنش آبی بیشتر کاهش شدیدی داشت، بنابراین راندمان مصرف آب در این تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت. ولی در تیمارهای با تنش آبی کمتر (سطوح ۷۵ درصد) کاهش محصول به اندازه‌ای نبود که راندمان مصرف آب را تحت تأثیر قرار دهد و در واقع راندمان مصرف آب در اثر کاهش میزان آب مصرفی افزایش یافت.

نتایج این بررسی با نتایج شرایعی و همکاران (۲) و پین و درو (۲۵) مطابقت دارد. استیکیک و همکاران (۲۸) نیز در بررسی روی گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که تیمار آبیاری بخشی راندمان کاربرد آب را نسبت به تیمار آبیاری کامل افزایش می‌دهد. زگب و همکاران (۳۵) بیان کردند که آبیاری PRD راندمان مصرف آب آبیاری را ۷۰ درصد بهبود می‌بخشد. بنابراین در اکثر موارد آبیاری بخشی پتانسیل افزایش راندمان کاربرد آب آبیاری و ثابت نگه‌داشتن بازده را دارد (۶، ۸ و ۲۲).

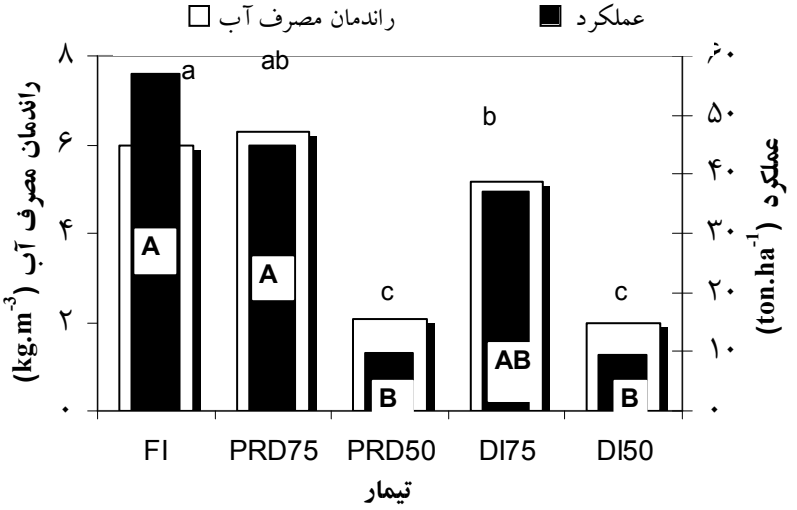
ب) اندازه‌گیری وضعیت آب برگ

میزان آماس نسبی برگ تیمارهای مختلف در ساعت معینی از روز و در تاریخ‌های مختلف تعیین شد که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۲ آمده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود در تمام اندازه‌گیری‌ها تیمار آبیاری PRD75 از نظر کمبود آب با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ولی تیمار آبیاری PRD50 فقط در آخرین مرحله اندازه‌گیری از نظر آماس نسبی برگ با تیمار شاهد یکسان بود که این موضوع می‌تواند به دلیل میزان کم آب آبیاری در این تیمار باشد. در تمام مراحل اندازه‌گیری، میزان آماس نسبی در تیمارهای PRD نسبت به تیمارهای DI بالاتر بود و این نتیجه با نتایج هسیائو (۱۸) مطابقت دارد.

در واقع می‌توان گفت در تیمارهای آبیاری بخشی، پتانسیل

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

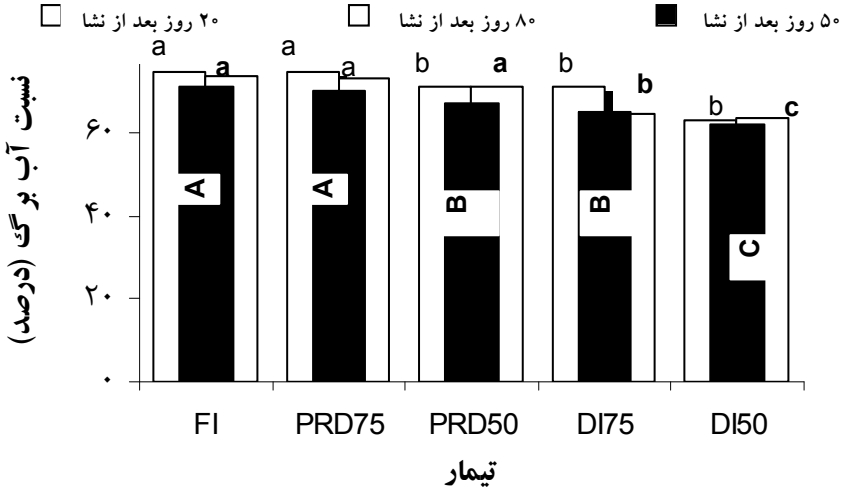


شکل ۱. راندمان مصرف آب و عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف آبیاری

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد نسبی آب برگ در تیمارهای آبیاری در زمان‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	بیست روز پس از اعمال RWC تیمارها	پنجاه روز پس از اعمال RWC تیمارها	هشتاد روز پس از اعمال RWC تیمارها
تیمار	۴	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۹**
خطا	۱۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷
ضریب تغییرات	-	۲/۷۴	۱/۷۷	۳/۸۶
P	-	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۲. درصد نسبی آب برگ در طول دوره رشد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

آب برگ با بخش مرطوب خاک در تعادل است. بنابراین انتظار می‌رود در این نوع آبیاری نسبت به کم‌آبیاری معمولی کمبود آب برگ نیز کمتر ظاهر شود و گیاه مقاومت بیشتری در برابر تنش از خود نشان دهد. به‌علاوه ثابت ماندن پتانسیل آب در این گیاهان موجب بهبود کیفیت محصول نیز می‌شود.

کمترین RWC در DI50 و بیشترین آن نیز در تیمار شاهد به دست آمد. هولبروک و همکاران (۱۷) نیز ثابت ماندن پتانسیل آب در اثر اعمال تکنیک PRD در گوجه‌فرنگی را تأیید کردند. استیکیک و همکاران (۲۸) در بررسی گوجه‌فرنگی دیویس و همکاران (۶) نیز دریافتند پتانسیل آب گیاه در تیمار آبیاری کامل با تیمار آبیاری بخشی اختلاف معنی‌داری ندارد که نظر آنها با نتایج به دست آمده در این تحقیق هم‌آهنگی دارد.

ج) قطر و تعداد روزنه‌ها ، قطر و درصد بازشدگی روزنه‌ها

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خصوصیات اندازه‌گیری شده روزنه‌ها در جدول ۳ و شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین تعداد روزنه در بین تیمارها ۸۶۸۸/۵۸ به ازای یک سانتی‌متر مربع از سطح برگ بود (شکل ۳). تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۰۵۰۹/۰۴ بیشترین و تیمار آبیاری بخشی ۵۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۶۹۰۴/۴ کمترین تعداد روزنه در واحد سطح برگ را دارا بودند.

همان‌طورکه در شکل ۴ نشان داده شده، با افزایش مقدار آب آبیاری، قطر روزنه‌ها نیز افزایش یافته است به گونه‌ای که تیمار آبیاری کامل بیشترین میزان قطر روزنه را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین تیمارهای ۷۵ درصد نیاز آبی قطر روزنه بیشتری نسبت به تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی داشتند. با افزایش قطر روزنه، گیاهان مقاومت کمتری در مقابل از دست دادن آب از خود نشان می‌دهند و به دنبال آن فتوسنتز و رشد و نمو گیاه افزایش می‌یابد. افزایش تعداد و قطر روزنه در گیاهان با تنش کمتر احتمالاً به دلیل مکانیسمی است که این گیاهان برای تعرق و فتوسنتز بیشتر به کار می‌برند.

در تیمار آبیاری کامل، درصد بیشتری از روزنه‌ها نسبت به سایر تیمارها باز بودند و احتمالاً همین موضوع سبب افزایش فتوسنتز و تبادل گاز و تعرق بیشتر و در نتیجه رشد و توسعه بیشتر (افزایش ارتفاع و سطح برگ) در تیمار شاهد شده است. در تیمارهای آبیاری بخشی، درصد بیشتری از روزنه‌ها نسبت به تیمارهای کم‌آبیاری سنتی بسته بودند و این موضوع احتمالاً به دلیل افزایش ترشح آبسیسیک اسید در این تیمارها است (شکل ۵). افزایش آبسیسیک اسید در تیمارهای آبیاری بخشی موجب می‌شود گیاه با کنترل بازشدگی روزنه‌ها بدون کاهش چشمگیری در فتوسنتز در برابر تنش تحمل بیشتری از خود نشان دهند. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط درای ولاویز (۹) و استیکیک و همکاران (۲۸) مطابقت دارد. ترادیو و دیویس (۳۰) و دیویس و ژانگ (۵) نیز این موضوع را تأیید کردند.

قطر بازشدگی روزنه‌ها در تیمارهای آبیاری کامل و کم-آبیاری سنتی بیشتر از تیمارهای آبیاری بخشی بود (شکل ۶). در واقع کاهش قطر بازشدگی در تیمارهای آبیاری بخشی مکانیسمی است که گیاه در پاسخ به افزایش آبسیسیک اسید به کار می‌برد و موجب کاهش تعرق و حفظ آب در گیاه می‌شود. ثابت نگه داشتن آب اندام‌های هوایی و حفظ پتانسیل آب مطلوب در گیاه از نظر رشد وبهبود کیفیت محصول اهمیت بسیار دارد. این نتیجه با نتایج دوس سانتوز و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. ولی نتیجه به دست آمده با نظر فرناندز و همکاران (۱۲) مطابقت ندارد. آنها با بررسی روی درختان زیتون به این نتیجه رسیدند که تیمارهای PRD و DI هر دو به یک اندازه بازشدگی روزنه‌ها را کاهش می‌دهند. به طور کلی می‌توان گفت رفتار روزنه‌ها نقش اساسی در تعیین آثار تنش بر گیاه دارد. تنش آبی باعث محدود شدن بازشدگی روزنه‌ها و کاهش هدر رفت آب و جذب کربن و بنابراین حفظ رطوبت در بافت‌های گیاه می‌شود (۱۴) و تیمارهای PRD با کاهش قطر و تعداد روزنه‌های خود نسبت به تیمارهای آبیاری سنتی میزان آب اندام‌هوایی خود را ثابت نگه می‌دارند.

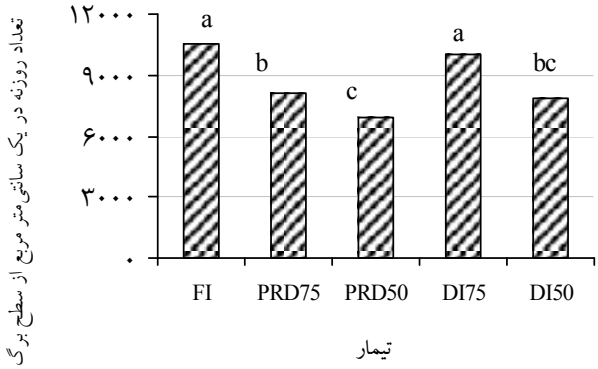
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

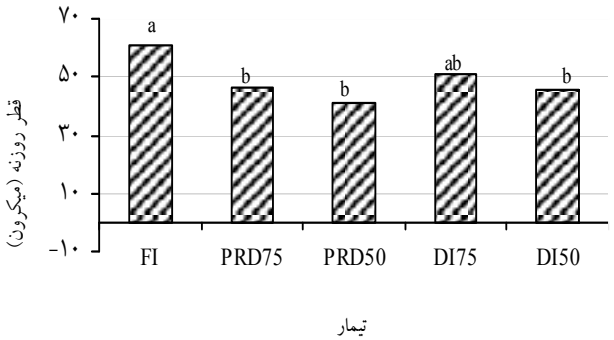
جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مربوط به روزنه‌های گیاه گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	قطر روزنه	قطر باز شدگی روزنه	تعداد روزنه در یک سانتی‌متر مربع از سطح برگ	روزنه‌های بسته
تیمار	۴	۲۳۲/۲۹*	۱۳۷۴/۶۴**	۹۲۵۶۰۷۳/۷۸**	۲۰۹۶/۸۳**
خطا	۱۵	۷۰/۲۳	۲۸/۸۹	۴۵۰۴۸۹/۸۸	۷۴/۵۹
ضریب تغییرات	–	۱۶/۹۹	۱۹/۹	۷/۷۲	۴۰/۰۰
P	–	۰/۰۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

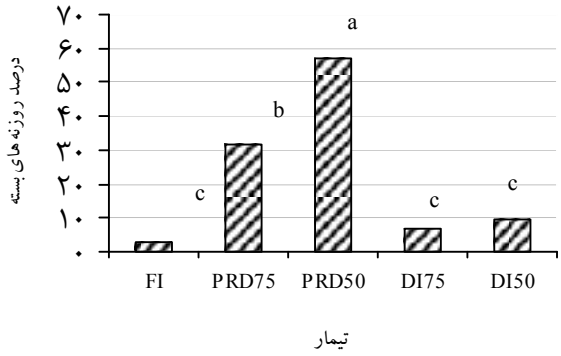
* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



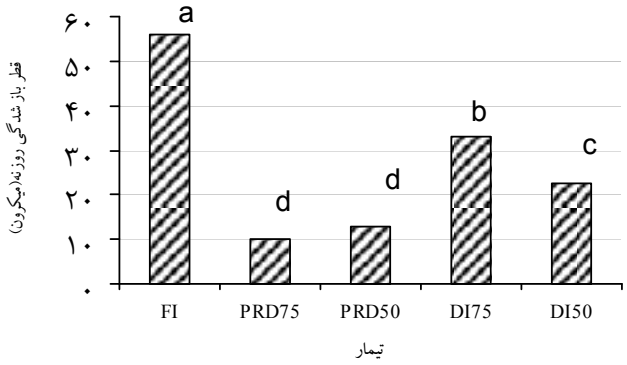
شکل ۳. تعداد روزنه در هر سانتی‌متر مربع از سطح برگ



شکل ۴. قطر روزنه برگ



شکل ۵. درصد روزنه‌های بسته



شکل ۶. قطر بازشدگی روزنه‌ها

د) درجه- روز رشد

درجه روز رشد مورد نیاز برای هر تیمار آبیاری از زمان کاشت نشا تا میوه‌دهی و تا زمان برداشت محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد بین تیمارهای آبیاری از نظر درجه روز مورد نیاز تا زمان میوه‌دهی و از نظر درجه روز مورد نیاز تا زمان برداشت در سطح ۵ درصد تفاوتی وجود ندارد (جدول ۴). البته بیشترین درجه- روز رشد از زمان نشا تا میوه‌دهی و تا زمان برداشت (رسیدگی فیزیولوژیک) در تیمار آبیاری کامل

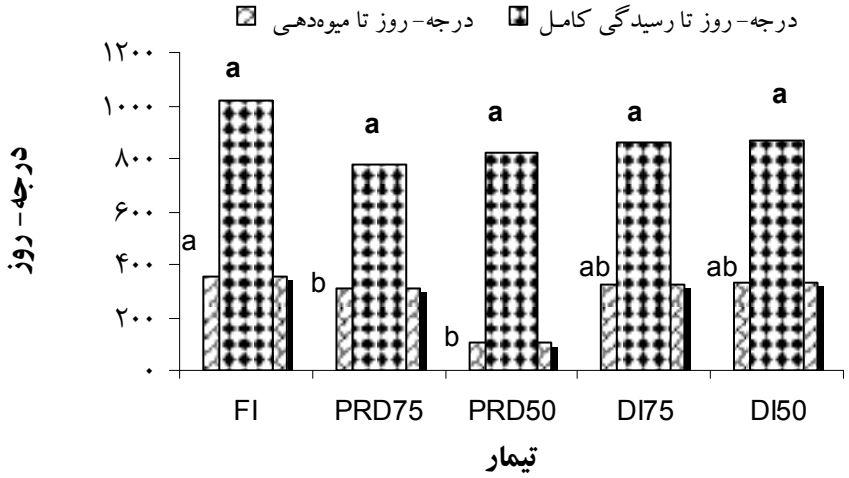
[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

جدول ۴. تجزیه واریانس درجه- روز رشد گوجه‌فرنگی از زمان کاشت نشا

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه- روز تا زمان میوه‌دهی	درجه- روز تا زمان رسیدگی کامل
تیمار	۴	۱۵۷۶/۴۲ ns	۳۲۸۹۹/۴۸ ns
خطا	۱۵	۱۷۵۰/۶۰	۱۳۲۸۰/۴۲
ضریب تغییرات	-	۱۲/۸۴	۱۳/۲۴
P	-	۰/۴۸	۰/۰۸۸

ns : عدم تفاوت معنی‌دار



شکل ۷. درجه- روز رشد در تیمارها

(شاهد) و کمترین آن در تیمار آبیاری بخشی دیده شد. در واقع هر چه مقدار درجه- روز رشد بیشتر باشد، گیاه به دما و انرژی و در نتیجه زمان بیشتری برای طی کردن مراحل رشد و نمو خود نیاز دارد. بنابراین تیمار آبیاری کامل زمان بیشتر و تیمارهای آبیاری بخشی زمان کمتری (البته در شرایط مشابه از نظر دما) برای میوه‌دهی و برداشت لازم دارند (شکل ۷).

نتیجه‌گیری

مقدار آب آبیاری و روش‌های مدیریت آبیاری آثار متفاوتی از نظر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک و فنولوژیک در گیاهان ایجاد می‌کند. سطوح بالای تنش (۵۰ درصد) موجب کاهش شدید عملکرد در میوه گوجه‌فرنگی می‌شود، ولی ۲۵٪ تنش در این گیاه افت زیادی در محصول تولیدی ایجاد نمی‌کند، ولی موجب بهبود در راندمان مصرف آب می‌شود. تیمارهای آبیاری بخشی در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی با داشتن بالاترین میزان راندمان مصرف آب پتانسیل کاربرد در کشت گوجه‌فرنگی را دارند، اگر چه اعمال این تکنیک در سطح ۵۰ درصد نتیجه مطلوبی را از نظر راندمان مصرف آب نداشت. علاوه بر این اعمال تکنیک PRD موجب ثابت نگه‌داشتن آماس نسبی برگ شد. تیمارهای PRD با کاهش قطر و تعداد روزنه‌های خود نسبت به تیمارهای آبیاری سنتی میزان آب اندام هوایی خود را ثابت نگه می‌دارند. در واقع می‌توان گفت گیاهان تحت آبیاری بخشی هدایت روزنه‌ای را بدون تأثیر منفی در راندمان مصرف آب کاهش می‌دهند.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

منابع مورد استفاده

۱. شایان نژاد، م. ۱۳۸۵. بررسی راندمان مصرف آب سیب زمینی در استان چهار محال و بختیاری و مقایسه آن با روش آبیاری شیاری یک در میان. اولین همایش بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد.

۲. شرایعی، پ.، ع. سبحانی و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۵. تأثیرسطوح مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر کارآیی مصرف آب و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی رقم پتو ارلی سی اچ. تحقیقات مهندسی کشاورزی ۷ (۲۷): ۷۵– ۸۶.

۳. نورجو، ا.، ش. زمردی و ع. امامی. ۱۳۸۰. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در زراعت گوجه‌فرنگی. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل.

4. Auge, R.M. and J.L. Moore. 2002. Stomatal response to nonhydraulic root-to-shoot communication of partial soil drying in relation to foliar dehydration tolerance. Environ. Exp. Bot. 47: 217- 229.
5. Davies, W.J. and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. 42: 55- 76.
6. Davies, W.J., M.A. Bacon, D.S. Thompson, W. Sobeih and L. Gonzalez Rodriguez. 2000. Regulation of leaf and fruit growth on plants in drying soil: exploitation of the plants chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the effciency of water use in agriculture. J. Exp. Bot. 51: 1617- 1637.
7. Davies, W.J., S. Wilkinson and B. Loveys. 2001. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. New Phytol. 153: 449- 460.
8. Davies, W.J. and W. Hartung. 2004. Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity? In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site www.cropscience.org.au
9. Dry, P.R. and B.R. Loveys. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. Aust. J. Grape and Wine Res. 4: 140- 148.
10. Dry P. and K. Bindon. 2004. Optimising winegrape quality with partial rootzone drying. Grape and Wine Research and Development Corporation, Cooperative Research Centre for Viticulture, Adelaide.
11. Dos Santos, T.P., C.M. Lopes, M.L. Rodrigues, C.R. de Souza, J.P. Maroco, J.S. Pereira, J.R. Silva and M.M. Chaves. 2003. Partial root-zone drying: effects on fruit growth and quality of field grown grapevines (*Vitis vinifera*). Funct. Plant Biol. 30: 663- 671.
12. Fernandez , J. E., A. Dıaz-Espejo, J. M. Infante, P. Duran, M. J. Palomo, V. Chamorro, I. F. Giron and L. Villagarcıa. 2006. Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. Plant Soil 284: 273- 291.
13. Fulai, L., A. Shahnazari, M.N. Andersen, S.E. Jacobsen and C. R. Jensen. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. Scientia Horticulturae 109: 113- 117.
14. Goldhamer, D.A. 2007. Regulated deficit irrigation in trees and vines. Agricultural Water Management. Proceedings of a Workshop in Tunisia, The National Academies Press., USA.
15. Gowing, D.J.G., W.J. Davies and H.G. Jones. 1990. A positive rootsourced signal as an indicator of soil drying in apple, Malus domestica Borkh. Experim. Bot. 41: 1535-1540.
16. Han, Y.L. and S.Z. Kang. 2002. Effects of the controlled partial rootzone irrigation on root nutrition uptake of maize (*Zea mays*). Trans. of Chinese Soc. Agric. Eng. (in Chinese) 18(1): 57- 59.
17. Holbrook, M.N., V.R. Shashidar, R.A. James, R. Munns. 2002. Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. J. Exp. Bot. 53: 1503-1514.
18. Hsiao, T. C. 1990. Plant–atmosphere interaction, evapotranspiration, and irrigation scheduling. Acta Hort. 278: 55-66.
19. Jackson, M. B. 1993. Are plant hormones involved in root-to-shoot communication. Adv. Bot. Res. 19: 103-187.
20. Jones, H.G. 1992. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. 2nd ed., Cambridge Univ. Press., UK.
21. Kipis, T., I. Vais man and I. Granoth. 1989. Drought stress and alfalfa production in Mediterranean environment. Irrig Sci. 10: 113-115.
22. Loveys, B., J. Grant, M. Stoll, P. Dry and M. McCarthy. 1997. The influence of partial rootzone drying on grape quality. University of Adelaide, South Australian Research and Development Institute, SA Viticulture Technical Conference.
23. Maurel, M., C. Robin, T. Simonneau, D. Loustau, E. Dreyer and M.L. Desprez-Loustau. 2004. Stomatal conductance and root- to – shoot signaling in chestnut saplings exposed to phytpphthora cinnamomi or partial soil

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]

drying. Functional Plant Biol. 31: 41-51.
24. Mingo, D.M., M.A. Bacon and W.J. Davies. 2003. Non-hydraulic regulation of fruit growth in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* cv. Solairo) growing in drying soil. Exp. Bot. 54(385): 1205-1212.
25. Payne ,W.A. and M.C. Drew. 1992. Soil phosphorous availability and pearl millet water use efficiency. Crop Sci. 32: 1010-1015.
26. Saab, I.N. and R.E. Sharp. 1989. Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. Planta 179: 466-474.
27. Sobeih, W., I. Dodd, M. Bacon, D. Grierson and WJ. Davies. 2004. Long-distance signals regulating stomatal conductance and leaf growth in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants subjected to partial root-zone drying. J. Exp. Bot. 407: 2353-2363.
28. Stikic, R., S. Popovic, M. Srdic, D. Savic, Z. Jovanovic, Lj. Prokic and J. Zdravkovic. 2003. Partial rootzone drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. J. Plant Physiol. Special Issue: 164-171.
29. Stoll, M., B. Loveys and P. Dry. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. J. Exp. Bot. 51: 1627-1634.
30. Tardieu, F. and W. J. Davies. 1992. Stomatal response to abscisic acid is a function of current plant water status. Plant Physiol. 98: 540-545.
31. Wahbi, S., R. Wakrim, B. Aganchich, H. Tahi and R. Serraj. 2005. Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate. I. Physiological and agronomic responses. Agric. Ecosys. Environ. 106: 289-301.
32. Wang, H. and J.M. Clarke. 1993. Relationship between leaf water loss and stomatal frequency and size in wheat. Plant Sci.73: 671-678.
33. Wilkinson, S. and W. J. Davies. 1997. Xylem sap pH increase: a drought signal received at the apoplastic face of the guard cell that involves the suppression of saturable abscisic acid uptake by the epidermal symplast. Plant Physiol. 113: 559-573.
34. Yao, C., S. Moreshet and B. Aloni. 2001. Water relations and hydraulic control of stomatal behaviour in bell pepper plant in partial soil drying. Plant Cell Environ. 24: 227-235.
35. Zegbe, J.A., M.H. Behboudian and B.E. Clothier. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. Agric. Water Manag. 68: 195-206.
36. Zhang, J. and W. J. Davies. 1989. Sequential responses of whole plant water relations towards prolonged soil drying and the mediation by xylem sap ABA concentrations in the regulation of stomatal behaviour of sunflower plants. New Phytol. 113: 167-174.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.1.5]