

The Effect of Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying Irrigation on Tree and Fruit Growth Characteristics of Valencia Orange

MASOOMEH SOLGI¹, SEYYED EBRAHIM HASHEMI GARMDAREH^{1*}, HORMOZ EBADI²

1. Department of Irrigation and Drainage, Collage of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Ramsar Citrus and Fruits Research Institute, Ramsar, Iran.

(Received: Nov. 19, 2019- Revised: Jan. 17, 2020- Accepted: Feb. 22, 2020)

ABSTRACT

Due to poor seasonal distribution of rainfall in Mazandaran province and shortage of water resources for citrus irrigation in recent years, these trees are generally subject to water stress in the warm seasons. In order to study water deficit stress on quantitative and qualitative yield of oranges, a completely randomized block design with four treatments and four replications was conducted at Ramsar citrus and subtropical fruits research center in 2018-2019. Experimental treatments included full irrigation (FI), deficit irrigation (DI), partial rootzone drying irrigation (PRD) and fixed partial rootzone drying irrigation (FPRD) at 50% level of full irrigation. At the end of study, quantitative and qualitative characteristics of tree and fruit, including leaf relative swelling, leaf water potential, length and branch diameters, fruit diameter, relative growth rate of the fruit, leaf elements, weight of the shed fruits and width and thickness of skin and fruit volume, yield, vitamin C, soluble solids (TSS), titrable acidity (TA), color index (Chroma, CI, h, L) were measured and the comparisons between treatments were performed by SNK test at 5% level. The results showed that there was no significant differences between treatments in terms of shoot length and diameter, amount of leaf elements, relative water content of leaves, and fruit weight. Although, there was no significant difference among treatments in terms of fruit quality, but PRD, FPRD and DI treatments had good quality compared to FI treatment. Comparison of leaf water potential of relative growth rate and fruit diameter showed significant differences among treatments. FPRD, PRD and DI methods reduced water consumption and increased water use efficiency. Regarding to the fruit color index, the highest fruit market value was observed in DI method. The PRD method slightly reduced fruit weight but increased TSS and TA, which are important in fruit juice production.

Keywords: Soluble Solid, Valencia Orange, Deficit Irrigation, Partial Rootzone Drying.

تأثیر کم آبیاری و آبیاری بخشی ریشه بر خصوصیات رشدی درخت و میوه پرتقال والنسیا

معصومه سلگی^۱، سید ابراهیم هاشمی گرمدره^{۱*}، هرمز عبادی^۲

۱. گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری رامسر، رامسر، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۸ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۲/۳)

چکیده

با توجه به پراکنش فصلی نامناسب بارش در استان مازندران و کمبود منابع آب برای آبیاری مرکبات در سالهای اخیر، عموماً این درختان در فصول گرم سال تحت تنش آبی قرار می‌گیرند. به منظور بررسی تنش آبی بر عملکرد کمی و کیفی پرتقال، پژوهشی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری شهرستان رامسر در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری کامل (FI)، کم آبیاری (DI) آبیاری بخشی ریشه (PRD) و آبیاری بخشی ریشه بدون جابجایی (FPRD) در سطح ۵۰ درصد آبیاری کامل بودند. در پایان مطالعه خصوصیات کمی و کیفی درخت و میوه شامل آماس نسبی برگ، پتانسیل آب برگ، طول و قطر شاخه، قطر میوه، سرعت رشد نسبی میوه، عناصر موجود در برگ، وزن میوه‌های ریخته‌شده، طول و عرض و ضخامت پوست و حجم میوه، عملکرد، ویتامین C، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص رنگ (L.h.CI.Chroma) اندازه‌گیری و مقایسه بین تیمارها براساس آزمون SNK در سطح پنج درصد انجام شد. نتایج نشان داد اختلاف بین طول و قطر شاخه، میزان عناصر موجود در برگ، محتوای نسبی آب برگ، وزن میوه‌های ریخته‌شده بین تیمارها معنی‌دار نبود. همچنین با توجه به اینکه بین تیمارها از نظر خصوصیات کیفی میوه تفاوت معنی‌دار نبود ولی هر سه تیمار FPRD، PRD و DI از کیفیت خوبی نسبت به FI برخوردار بودند. مقایسه مقدار پتانسیل آب برگ، سرعت رشد نسبی و قطر میوه بین تیمارها، تفاوت معنی‌داری را نشان داد. روش‌های FPRD، PRD و DI سبب کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب شدند. با توجه به شاخص رنگ میوه، بیشترین میزان بازارپسندی میوه در روش DI مشاهده گردید. روش PRD باعث کاهش اندکی در وزن میوه شد ولی باعث افزایش میزان TSS و TA گردید که در تولید آب میوه بسیار مهم می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مواد جامد محلول، پرتقال رقم والنسیا، کم آبیاری، آبیاری بخشی ریشه.

مقدمه

(Masodian, 2009). با این حال پراکنش فصلی بارش در مازندران مناسب نیست و برای تولید اقتصادی نیاز به آبیاری تکمیلی گیاهان ضروری می‌باشد. از طرف دیگر بدلیل توزیع نامناسب مکانی بارش در این استان، ذخیره، تامین و انتقال آب برای بسیاری از باغداران پرهزینه و غیرقابل اجرا است. خشکسالی‌های پیاپی، پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی و در نتیجه کاهش دسترسی به آب و افزایش هزینه آب سبب شده است که بهبود کارایی مصرف آب به عنوان یک هدف مهم در برنامه‌های تحقیقاتی و اجرایی در مازندران مدنظر قرار گیرد. پس از تبدیل روش‌های آبیاری سطحی به آبیاری قطره‌ای در باغات مرکبات، روش‌های کم آبیاری از راه‌حل‌های موثر در ارتقای کارایی مصرف آب به حساب می‌آیند.

کم آبیاری از جمله راهکارهای سازگاری با مشکل کم آبی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. کم آبیاری

مرکبات گیاهانی همیشه سبز هستند که در سراسر سال نیاز به آب دارند و به منظور افزایش تحمل به کم آبی، در زمان‌هایی اعمال تنش آبی به منظور برانگیختن واکنش‌های فیزیولوژیکی امری حیاتی به‌شمار می‌آید (Hutton et al., 2007). مرکبات در ایران در مقایسه با سایر محصولات، بیشترین مقدار تولید را دارند. این محصولات با سهم ۱۰/۵ درصدی از سطح زیر کشت و ۲۶/۵ درصدی از تولید رتبه اول تولید را در بین محصولات باغی کشور دارا می‌باشند و استان مازندران بیشترین تولید آن را در بین استان‌های کشور دارا می‌باشد (Ministry of Agriculture - Ministry of Agriculture, 2016). با توجه به کاهش منابع آبی در اکثر مناطق کشور توجه به مدیریت بهینه نیاز آبی این محصول روز به روز حیاتی تر می‌شود. استان مازندران با دارا بودن میانگین بارشی در حدود ۵۷۰ میلی‌متر جزو استان‌های پرباران به شمار می‌آید

فتوسنتز، وزن تر و خشک میوه نسبت به آبیاری کامل گزارش شده است. (Hutton & Loveys 2011) در آزمایشی که بر روی مرکبات در استرالیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که آبیاری بخشی ریشه علاوه بر افزایش کیفیت محصول کاهش جزئی در اندازه میوه دارد. در آزمایشی که توسط Dry *et al.* (1999) برای مقایسه دو تیمار کم آبیاری تنظیم شده و روش PRD بر روی انگور انجام شد، نشان دادند که کم آبیاری باعث کاهش وزن و اندازه حبه انگور شده و رسیدن میوه را به تاخیر می‌اندازد ولی آبیاری بخشی ریشه تاثیری بر این ویژگی‌ها و رسیدن محصول ندارد.

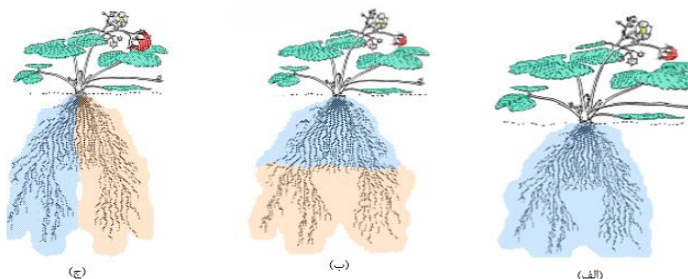
با توجه اهمیت مرکبات به خصوص محصول پرتقال در استان‌های شمالی و همچنین محدودیت منابع آبی استفاده از یک برنامه‌ریزی دقیق آبیاری برای بهبود وضعیت استفاده از آب لازم و ضروری می‌باشد. به همین منظور این پژوهش با هدف مقایسه اثر کم آبیاری و روش PRD به دو صورت با جابجایی متناوب و ثابت بر کمیت و کیفیت محصول و همچنین تغییر برخی از خصوصیات گیاه، آماس و پتانسیل آب برگ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

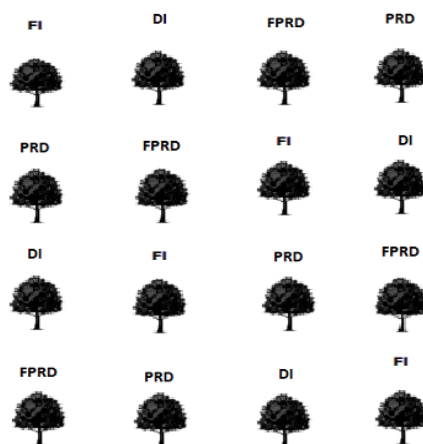
این پژوهش در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در پژوهشکده مرکبات و میوه-های نیمه گرمسیری واقع در رامسر با موقعیت جغرافیایی ۳۶٫۹ درجه شمالی و ۵۰٫۶۸ درجه شرقی اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۴ تیمار روی درختان پرتقال والنسیا بر پایه نارنج اعمال شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری کامل (FI)، کم آبیاری در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی (DI) که در همه دفعات آبیاری روی تمام ناحیه ریشه اعمال شد، آبیاری بخشی در سطح ۵۰ درصد که بصورت متناوب در یکی از دو طرف ریشه اعمال شد (PRD) و آبیاری بخشی ریشه بطور ثابت که فقط در یک سمت ناحیه ریشه درخت در سطح ۵۰ درصد (FPRD) بود (شکل ۱). بدین منظور در یک مزرعه تحقیقاتی درختان بالغ سالم که از نظر ظاهر و رشد دارای شرایط یکسان و مشابهی بودند برای این مطالعه انتخاب و تیمارها بر روی آنها اعمال شد. در شکل (۲) تیمارهای اجرا شده در این مطالعه بطور شماتیک نشان داده شد.

یک شیوه مدیریتی است که بر روی مجموعه سامانه آبیاری، الگوی کشت، نوع خاک، ابعاد کیفی و کمی منابع آب، مدیریت نیروی انسانی و ابعاد اقتصادی تاثیرپذیری و تاثیرگذاری گوناگونی دارد (Esmaili Dehkordi *et al.*, 2011). هدف اساسی استفاده از کم آبیاری، افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه، از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر بار آبیاری یا حذف آبیاری‌هایی است که راندمان کمتری دارند (Kheirabi *et al.*, 1996). آبیاری بخشی ناحیه ریشه (PRD) شکل بهبود یافته کم آبیاری است که در آن، منطقه ریشه به نواحی مختلف تقسیم شده و در هر بار آبیاری یک و یا چند ناحیه ریشه آبیاری شده و نواحی دیگر خشک رها می‌شود و این عمل به صورت تناوبی تکرار می‌شود (Shao *et al.*, 2008). در حقیقت PRD یک راهبرد نوین مدیریت آبیاری است که نیمی از ریشه در خاک خشک و نیمی دیگر در خاک آبیاری-شده قرار می‌گیرد (Ahmadi *et al.*, 2010). به این ترتیب علیرغم آبیاری کمتر و صرفه‌جویی در مصرف آب، گیاه در تمام فصل رشد خود قادر به جذب آب از ناحیه ریشه خواهد بود. PRD ابتدا در کشور استرالیا پایه‌گذاری و پس از آن تحقیقاتی در چین و دانمارک روی برخی گونه‌های سبزیجات از قبیل سیب‌زمینی و گوجه فرنگی و همینطور برخی درختان میوه همچون انگور انجام شد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که در دوره‌های غیرحساس به خشکی، کم آبیاری با مصرف تنها ۷۰ تا ۹۰ درصد نیاز آبی می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار محصول نشود (Shahnazari *et al.*, 2005). آزمایش‌های PRD روی رشد برخی از انواع نهال‌های مرکبات در شرایط گلخانه بیانگر نتیجه‌ی متفاوت است. نتایج تحقیقات (Melgar *et al.*, 2010) و (Kusakabe *et al.*, 2009) نشان دادند که بسیاری از پارامترهای رشد اندام هوایی و کارایی مصرف آب کل گیاه در PRD تفاوتی با آبیاری کامل نداشت ولی سبب افزایش رشد ریشه گردید.

شائو و همکاران (Shao *et al.*, 2008) در بررسی اثر روش-های کم آبیاری معمولی و روش PRD روی لفل قزمز، بیشترین کارایی مصرف آب را در روش PRD بدست آوردند. در بررسی انجام شده توسط Zegbe *et al.* (2004) روی تاثیر PRD بر عملکرد و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی کاهش معنی‌دار در نرخ



شکل ۱- شمای کلی الگوی (الف) آبیاری کامل (FI)، (ب) کم آبیاری (DI) و (ج) آبیاری بخشی ریشه بصورت متناوب و ثابت (PRD و FPRD)



شکل ۲- نمای شماتیک تیمارهای اجرا شده در باغ

بافت خاک به روش هیدرومتری و نقاط پتانسیلی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم نمونه ها به وسیله دستگاه صفحات فشاری مشخص شد. جدول (۱) مشخصات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی را نشان می دهد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

پس از انتخاب درختان در مزرعه تحقیقاتی، خصوصیات خاک مزرعه، با نمونه برداری از خاک منطقه توسعه ریشه تعیین شد.

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

PH	EC (ds/m)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (%)	رطوبت ظرفیت مزرعه (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	عمق نمونه برداری (cm)
۷	۰/۵۷	۱۲/۷	۲۳/۶	۱/۵۸	۳۰-۰
۷/۲	۰/۶۴	۱۳/۸	۲۵/۱	۱/۵۱	۳۰-۶۰
۷/۳	۰/۶۸	۱۳/۱	۲۴/۳	۱/۶۰	۳۰-۹۰

انجام شد. با نصب جریان سنج حجمی (کنترل) در ابتدای هر مانیفولد، آب داده شده به تیمارها در هر بار آبیاری، اندازه گیری و ثبت می گردید. شکل (۳) میزان، بارندگی و آبیاری اعمال شده در طول دوره مطالعه را نشان می دهد.

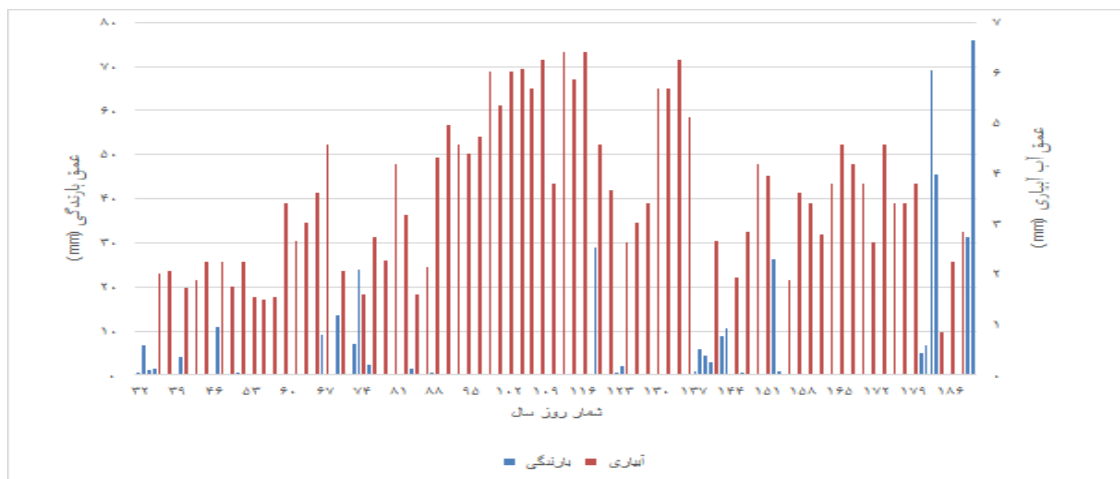
اندازه گیری ها

در طول دوره مطالعاتی قطر و طول شاخه ها در دو مرحله ابتدا و انتهای فصل با استفاده از کولیس دیجیتالی و متر و گنجایش آماس نسبی و پتانسیل آب برگ در پایان فصل اندازه گیری شد. قطر میوه ها از زمان ریزش طبیعی تا پایان رشد سریع هر ۱۵ روز یکبار و پس از رنگ گیری هر ۳۰ روز یکبار اندازه گیری شد. پس از رسیدن میوه ها و برداشت، به منظور تعیین طول و عرض میوه و ضخامت پوست با استفاده از کولیس دیجیتالی و حجم میوه با استفاده از روش غوطه وری در آب تعیین شد. میزان مواد جامد محلول (TSS) با قراردادن دو قطره از آب میوه در عدسی دستگاه رفراکتومتر چشمی و ویتامین C و میزان اسیدیته کل (TA) با روش تیتراسیون اندازه گیری شد.

تیمارهای آبیاری

سیستم آبیاری مورد استفاده در این مطالعه از نوع قطره ۱۳ی و تعداد قطره چکان های اختصاص داده شده به هر درخت برای آبیاری کامل شش قطره چکان با دبی ۴ لیتر بر ساعت بود که آبیاری تیمارهای آبیاری بخشی و کم آبیاری با تغییر در تعداد قطره چکان ها انجام شد. بر این اساس برای تیمارهای دیگر با ۵۰ درصد کم آبیاری سه قطره چکان در نظر گرفته شد.

تعیین نیاز آبی با استفاده از پارمتر های هواشناسی و محاسبه تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن مانیتث و اعمال ضریب گیاهی (kc) انجام شد. اولین و آخرین روز آبیاری بترتیب اول اردیبهشت و سوم مهر بود (شکل ۳). در دوره هایی که بارندگی رخ نداد، دور آبیاری برای تمامی تیمارها دو روز بود و مقدار آبیاری براساس جبران کمبود رطوبت خاک تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. با توجه به حساسیت مرکبات به تنش کم آبی در دوره گل دهی و مرحله های رشد میوه اعمال تیمارهای آبیاری از اردیبهشت شروع شد. عملیات داشت (سم پاشی، کوددهی و مبارزه با علف های هرز) به صورت یکسان برای همه تیمارها در زمان مورد نیاز



شکل ۲- تغییرات میزان عمق بارندگی و آبیاری در طول دوره مطالعاتی

آنالیز آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون SNK با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس مقادیر ثبت شده از جریان سنجهای حجمی، آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل، ۳۵۰ میلی‌متر و در تیمارهای PRD، DI و FPRD بترتیب ۱۷۵/۳، ۱۷۶/۷ و ۱۷۵/۸ میلی‌متر بود. نتایج مربوط به متغیرهای گیاهی در زیر بطور جداگانه ارائه می‌شود:

محتوی نسبی و پتانسیل آب برگ

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد بیشترین و کمترین محتوی نسبی آب برگ به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و آبیاری بخشی ریشه (PRD) بود، گرچه این تفاوتها معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مطالعه Xu et al. (2009) با کاربرد روش آبیاری PRD به صورت تناوبی بر روی تغییرات فیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که تغییرات پتانسیل اسمزی در طی استفاده از این روش آبیاری باعث شده است که آماس سلول‌های برگ بیشتر از مقدار معمولی باشد که باعث افزایش مقاومت گیاه به پژمردگی می‌گردد.

جدول ۲- اثر روش های آبیاری بر محتوی نسبی آب و پتانسیل آب برگ

تیمارها	محتوای نسبی آب برگ (%)	پتانسیل آب برگ (بار)
PRD	۷۸/۶۹ ^a	۲۰/۸ ^{ab}
DI	۸۲/۷۶ ^a	۲۲/۶۶ ^a
FPRD	۷۹/۱۷ ^a	۲۰/۱۶ ^{ab}
FI	۸۵/۶۵ ^a	۱۸/۷۵ ^b

طول و قطر شاخه

مقایسه میانگین طول و قطر شاخه‌ها در جدول (۳) نشان می‌دهد که روش‌های آبیاری بخشی و کم آبیاری سبب کاهش طول و قطر شاخه نسبت به آبیاری کامل نشده است ولی تفاوت دو روش آبیاری بخشی (PRD, FPRD) با هم از نظر طول شاخه معنی‌دار

اندازه‌گیری گردید (شکل ۴). مطابق شکل، قطر میوه‌ها در تیمار آبیاری کامل در تمامی مراحل دارای بیشترین مقدار بوده است. با توجه به شکل، میزان قطر میوه در آبیاری کامل در دوره اول با آبیاری PRD و DI و در مراحل دوم تا چهارم نمونه‌برداری با همه تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. با این حال در دو دوره پایانی نمونه‌برداری هیچ یک از تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. ((Sadatmiri et al., (2014) به نتیجه مشابهی در این خصوص دست یافتند که بین کم‌آبیاری و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن و کوچک‌شدن میوه وجود دارد. از دلایل کاهش وزن میوه در این روش می‌توان به کاهش فتوسنتز و کاهش حجم سلول‌ها تحت شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل اشاره کرد، به صورتی که کمبود آب و خشکی موجب کاهش فعالیت بیوشیمیایی فتوسنتز درخت شده و با در اختیار گرفتن مقدار کربوهیدرات کمتر در اختیار میوه، حتی می‌تواند باعث توقف رشد میوه شود.

وزن میوه‌های ریخته‌شده

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ریزش میوه در تیمار DI و FPRD و به مقدار ۷۹/۴۳ و ۳۴/۴۸ گرم بوده است ولی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است (شکل ۵).

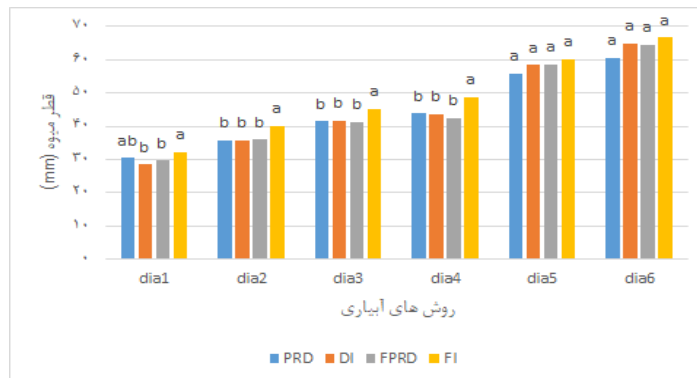
بود. (Taherkhani et al., (2009) به این نتیجه رسیدند تاثیر روش آبیاری PRD با آبیاری FPRD در درختان انگور بر طول شاخه‌های اصلی در سطح پنج درصد و در طول شاخه‌های فرعی در سطح یک درصد معنا دار بوده است و خشکاندن قسمتی از منطقه ریشه (FPRD) باعث کاهش رشد رویشی گیاه انگور گردید و رشد شاخه‌های اصلی به میزان ۸ درصد و رشد شاخه‌های فرعی به میزان ۳۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش پیدا کرد و باعث کاهش تراکم تاج و افزایش کیفیت میوه گردید. Kusakabe et al., (2009) با آزمایش بر روی دانه‌های کاریز و سیترنج در خاک اتوکلاو شده در گلخانه نشان داد که رشد شاخه‌ها در بین تیمارهای PRD و FPRD با آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری نداشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر روش آبیاری بر طول و قطر شاخه درختان پرتقال والنسیا

تیمارها	طول شاخه (cm)	قطر شاخه (mm)
PRD	۲۲/۳۲ ^a	۳/۳۵ ^a
DI	۱۸/۶۸ ^{ab}	۳/۳۷ ^a
FPRD	۱۵/۹۱ ^b	۳/۶۶ ^a
FI	۲۰/۴۱ ^{ab}	۳/۳۵ ^a

قطر میوه

قطر میوه‌های تیمارها در شش مرحله و در طول دوره رشد



شکل ۴- اثر روش‌های آبیاری بر قطر میوه در طی اعمال تیمار

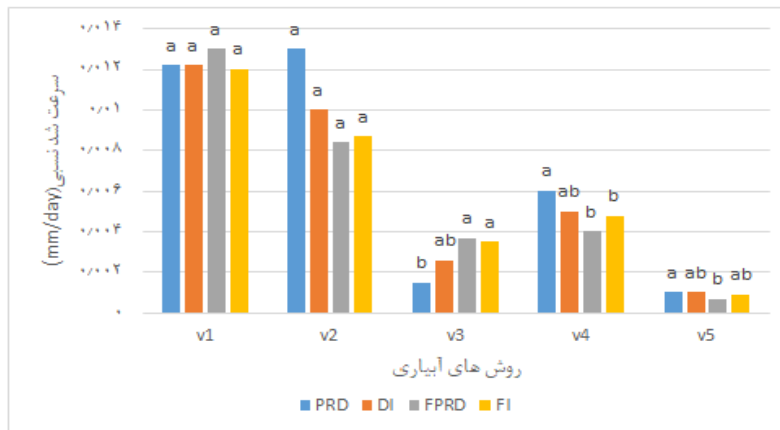


شکل ۵- اثر روش‌های آبیاری بر مقدار وزن میوه‌های ریخته‌شده در طی اعمال تیمار

در سه مرحله دیگر بین تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده می-گردد. بطوریکه در مرسه سوم و چهارم و پنجم تیمار PRD با بقیه تیمارها تفاوت معنی داری دارد. نتایج مچنین نشان داد در پایان دوره سرعت رشد تیمار PRD با بقیه تیمارها تفاوت معنی داری دارد. (شکل ۵)

سرعت رشد نسبی میوه

سرعت رشد نسبی میوه‌ها در ۵ مرحله در طول دوره رشد محاسبه گردید. مطابق شکل (۶) روش‌های آبیاری بر سرعت رشد نسبی میوه در دو مرحله اول با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشته‌اند، ولی



شکل ۶- اثر روش‌های آبیاری بر سرعت رشد نسبی میوه در طی اعمال تیمار

میوه، ضخامت پوست میوه، وزن میوه و ویتامین C به ترتیب در تیمارهای آبیاری PRD، DI، FPRD، DI، FPRD، DI و DI مشاهده گردید (جدول ۵). همچنین مقادیر TSS و TA در تیمار PRD بیشترین و کمترین مقدار TA در DI و کمترین مقدار TSS در تیمار FI مشاهده گردید. علاوه بر این مقادیر L، h و Chroma در تیمارهای FPRD و DI بیشتر از سایر تیمارها بود.

در مطالعه Hutton & Loveys (2011) استفاده از PRD به دو روش غرقابی و قطره‌ای به میزان حدود ۶۰ درصد آبیاری کامل روی درختان مرکبات سبب کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب مرکبات شد. این تکنیک سبب افزایش ریزش میوه نشد و بر عملکرد مرکبات تاثیر معنی‌دار نداشت. اندازه و درصد آب میوه کمی کاهش یافت و TSS و TA افزایش یافت. در این تحقیق PRD با مصرف آب کمتر، سبب افزایش کیفیت آب میوه شد از این رو می‌تواند در تولید آب میوه روش موثری باشد. تحقیقات Walid et al., (2012), Ginestar & Castel, (1996) و Pérez et al., (2008) بر روی مرکبات نشان داد که با افزایش مقدار آبیاری، اندازه و وزن میوه افزایش و مواد جامد محلول و اسیدیته کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از آزمایش Sadatmiri et al. (2014) نشان داد که اعمال روش‌های کم آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری بخشی ریشه علاوه بر صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی، باعث افزایش کیفیت میوه نسبت به تیمار آبیاری کامل می‌شود. به طور کلی آبیاری سبب کاهش مواد جامد محلول

عناصر موجود در برگ

با اندازه‌گیری عناصر موجود در برگ تیمارها نتایج نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری روی سه عنصر فسفر و پتاسیم و نیتروژن موجود در برگ تیمارهای مختلف آبیاری تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. (Melgar et al., 2010) با آزمایش بر روی دانه‌های مرکبات به این نتیجه رسیدند که نیتروژن و پتاسیم موجود در برگ در دو تیمار کم آبیاری و شاهد دارای اختلاف معنی داری می‌باشند و کم آبیاری باعث کاهش در میزان این دو عنصر شده در صورتی که PRD با شاهد تفاوت معنی داری نداشت.

خصوصیات کمی و کیفی میوه

تجزیه واریانس خصوصیات کمی و کیفی شامل طول، عرض، ضخامت پوست، حجم میوه، وزن میوه، ویتامین C، مواد جامد محلول (TA) و شیرینی (TSS)، عملکرد و شاخص‌های رنگ (chroma, CI, L and h) در جدول (۴) و مقایسه میانگین آنها در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کمی و کیفی میوه و عملکرد در مرحله برداشت نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول ۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) هیچ اختلاف معنی داری بین پارامترهای کمی و کیفی گیاه با یکدیگر مشاهده نگردید. با این حال میانگین بیشترین مقادیر طول میوه، عرض میوه، حجم میوه، ضخامت پوست میوه، وزن میوه و ویتامین C در تیمار آبیاری FI مشاهده گردید و کمترین مقدار طول میوه، عرض میوه، حجم

و افزایش رشد رویشی و عملکرد مرکبات می‌شود (Dasberg, 1992).

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات کمی و کیفی میوه پس از برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول میوه (mm)	عرض میوه (mm)	حجم میوه (mm ³)	ضخامت پوست (mm)	وزن میوه (gr)	رتابین (gr/100 gr)	TA (%)	TSS (%)	په‌ری (Kg/mm)	عملکرد (Kg)	Chroma	Cl	L	H
تکرار	۳	۱۳۰/۲	۳/۵۷	۶۹۵/۹۸	۱/۲۶	۶/۹۲	۱۰	۰/۱۱۷	۰/۳۸	۰/۰۰۱	۲۲/۶۶	۱۱/۴۵	۱/۸۱	۱۲/۶۷	۱۲/۳۹
روش آبیاری	۳	ns/۱۰/۴۷	ns/۱۱/۹۶	ns/۳۶/۲۳	ns/۱/۱۱	ns/۱۳۷	ns/۳/۵۵	ns/۰/۱۴	ns/۰/۲۷	**/۰/۲	ns/۱۰/۳	ns/۱۰/۹۶	ns/۰/۸۳	ns/۱۳۷	ns/۲
خطا	۹	۱۸۸/۱	۱۳۳/۴۷	۵۶۳/۵۵	۰/۳۲	۷/۷۹	۱۰/۹۹	۰/۱۰۴	۰/۳۸	۰/۰۰۲	۱/۲۷	۷/۹۶	۰/۴۴	۵/۳۳	۳/۰۸

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات کمی و کیفی میوه پس از برداشت

تیمار	طول میوه (mm)	عرض میوه (mm)	حجم میوه (mm ³)	ضخامت پوست (mm)	وزن میوه (gr)	رتابین (gr/100 gr)	TA (%)	TSS (%)	په‌ری (Kg/mm)	عملکرد (Kg)	Chroma	Cl	L	H
PRD	۱۳۰/۸۴	۳/۷۳/۳۰	۱۴۳/۰۲	۳/۳۰	۶۵/۷۵	۱۹/۴۳	۱/۸۷	۱۱/۸۰	۰/۳۳	۵۷/۸۷	۷/۷۳	۴/۶۸	۱۲/۳۵	۱۳/۸۴
DI	۱۲۷/۴۵	۳/۴/۵۳	۱۴۲/۵۶	۳/۲۴	۶۳/۲۸	۱۹/۳۸	۱/۰۴	۱۱/۶۵	۰/۳۳	۵۹/۳۷	۷/۷۱	۳/۸۶	۱۴/۵۱	۱۳/۰۷
FPRD	۱۳۳/۹۱	۳/۳/۴۲	۱۴۹/۴۸	۳/۱۲	۶۴/۳۵	۱۹/۶۲	۱/۱۴	۱۱/۲۵	۰/۳۳	۵۸/۱۷	۷/۱۱	۳/۵۴	۱۴/۴۳	۱۳/۹۵
FI	۱۲۴/۳۸	۳/۶/۲۳	۱۶۳/۳۶	۳/۵۳	۶۶/۵۳	۲۱/۳۵	۱/۱۶	۱۱/۲۰	۰/۱۸	۶۵/۵۰	۴/۰۶	۴/۶۹	۱۱/۶۷	۱۳/۸۷

تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۵). Sotiropoulos *et al.* (2010) در آزمایشی اثر کم‌آبیاری را در مرحله دوم رشد و پس از برداشت محصول بر روی درخت هلو در طی دو سال بررسی کردند و در این آزمایش کیفیت میوه، پتانسیل آب برگ، میزان

تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف بهره‌وری آب مصرفی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد بود (جدول ۴). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که آبیاری کامل نسبت به سه تیمار دیگر کمترین میزان بهره‌وری را داشته و سه تیمار دیگر

آمده نشان داد که عملکرد دانه با افزایش سطح آبیاری افزایش یافت و کاهش عملکرد در تیمار PRD در مقایسه با تیمار شاهد ۹/۵ درصد بود و از نظر عملکرد تیمار PRD نسبت به تیمارهای DI و FPRD برتر است. این تیمار بالاترین میزان بهره‌وری آب را داشته است. تیمار PRD با ارزش ۲۸۹/۳۸ کیلوگرم هکتار در سانتیمتر بیشترین و تیمار FI با ارزش ۱۴۸/۸ کیلوگرم هکتار در سانتیمتر کمترین میزان بهره‌وری آب را داشته است. میزان عملکرد در تیمارهای آبیاری کامل بیشترین مقدار را دارا بودند.

نتیجه‌گیری

اثر روش‌های آبیاری بر خصوصیات کمی میوه (وزن، طول، عرض، ضخامت پوست حجم و عملکرد) و خصوصیات مربوط به درخت (محتوای نسبی، پتانسیل آب برگ، قطر میوه در چند مرحله، سرعت رشد میوه، طول و قطر شاخه‌ها، وزن میوه‌های ریخته شده و عناصر موجود در برگ درخت) نشان داد که دو تیمار PRD و FPRD دارای ارزش یکسانی بوده و نسبت به تیمار DI بهتر بودند ولی نسبت به آبیاری کامل در رده دوم قرار گرفتند. همچنین اثر روش‌های آبیاری بر روی خصوصیات کیفی (ویتامین C، TSS، TA، Chlorophyll, CI) نشان داد که سه تیمار PRD، FPRD و DI دارای اثرات یکسان و نسبت به تیمار FI از نظر کیفی عملکرد بهتری داشتند. با توجه به اینکه تیمارهای PRD باعث کاهش وزن میوه نسبت به تیمار آبیاری کامل شده ولی میزان TSS و TA را افزایش داد که در تولید آب میوه امری مهم بشمار می‌آید. به طور کلی نتایج حاکی از آن است که اعمال تیمارهای PRD، FPRD و DI علاوه بر افزایش و کیفیت میوه، باعث صرفه جویی در میزان آب مصرفی و افزایش معنی‌داری در بهره‌وری آب نسبت به تیمار آبیاری کامل شدند.

REFERENCES

- Abrisqueta, J., Mounzer, O., Álvarez, S., Conejero, W., García-Orellana, Y., Tapia, L., . . . Ruiz-Sánchez, M. (2008). Root dynamics of peach trees submitted to partial rootzone drying and continuous deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 95(8), 959-967.
- Ahmadi, S. H., Andersen, M. N., Plauborg, F., Poulsen, R. T., Jensen, C. R., Sepaskhah, A. R., & Hansen, S. (2010). Effects of irrigation strategies and soils on field-grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1486-1494.
- Dasberg, S. (1992). Irrigation management and citrus production. *Proceedings of the international society of citriculture, Catania, Italy*, 8-13.
- Dry, P., Stoll, M., Mc Carthy, M., & Loveys, B. (1999). *Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops*. Paper presented at the III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 537.
- Du, T., Kang, S., Sun, J., Zhang, X., & Zhang, J. (2010). An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. *Agricultural Water Management*, 97(1), 66-74.
- Esmaili Dehkordi, M., Raeini Sarjaz, M., Ghatreh Samani, S. (2011). *The Effect of PRD and Full Irrigation on the Efficiency of Almond Tree Juice Consumption in Saman City*. Paper presented at the 4th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iran.
- Ginestar, C., & Castel, J. (1996). Responses of young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. *Journal of Horticultural Science*, 71(4), 551-559.
- Hutton, R., Landsberg, J., & Sutton, B. (2007). *Timing*

فتوسنتز و بهره‌وری را اندازه گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که کم آبیاری در مرحله دوم از رشد بر روی بهره‌وری درخت هلو تاثیر نمی‌گذارد در صورتی که کم آبیاری باعث شد که وزن میوه تازه و خشک شده، اندازه و پتانسیل آب برگ کاهش یابد. در مقایسه با تیمار شاهد میزان مواد جامد محلول و اسیدیته را افزایش داده ولی روی استحکام میوه تاثیری نداشت. همچنین Senyigit & Ozdemir (2011) برای آبیاری درختان سیب سرخ از دو تیمار شاهد و کم آبیاری و دو تیمار PRD شامل جابجایی جوی‌های مرطوب شده بعد از هر مرتبه آبیاری (PRDI) و جابجایی جوی‌های مرطوب شده بعد از هر دو مرحله از آبیاری (PRDII) استفاده کردند و نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمارها به صورت $PRDII > PRDI > DI > CI$ بوده است و مقدار آب آبیاری کاربردی در DI، PRDI و PRDII به میزان ۵۰ درصد از آبیاری کامل بوده است. همچنین تیمارهای PRD کیفیت میوه را نسبت به کم آبیاری تنظیم شده کاهش نمی‌دهد. سه آزمایش میدانی Nouna *et al.* (2016) در طی سه دوره فصل رشد در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ برای ارزیابی اثر PRDهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد از FI بر ماده خشک و عملکرد، مصرف آب و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی انجام شد که نشان داد در FI و PRD60 تفاوت معنی‌داری نسبت به عملکرد غده وجود ندارد و بیشترین کارایی مصرف آب در PRD60 و برابر با ۱۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۲۰۱۰ و کمترین آن در PRD80 و برابر با ۶/۸ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۲۰۰۹ بدست آمد و از سوی دیگر نشان داد که بین کل ماده خشک انباشته شده و مقدار آب انباشته شده رابطه خطی برقرار است. (Ravish Chandra *et al.* (2018) عملکرد محصول و بهره‌وری آب مصرفی ذرت را با استفاده از تیمارهای آبیاری FI، PRD، FPRD و DI را محاسبه نمودند. نتایج بدست

- irrigation to suit citrus phenology: a means of reducing water use without compromising fruit yield and quality? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(1), 71-80.
- Hutton, R., & Loveys, B. (2011). A partial root zone drying irrigation strategy for citrus—effects on water use efficiency and fruit characteristics. *Agricultural Water Management*, 98(10), 1485-1496.
- Kheirabi, J., Tavakoli, A. R., Entesari, M. R., Salamat, A. R., (1996). *Low Irrigation Guidelines: Iranian National Committee on Irrigation and Drainage*
- Kusakabe, A., Melgar, J. C., Dunlop, J., & Syvertsen, J. P. (2009). *Alternate and Fixed Partial Rootzone Drying Save Water in Citrus*. Paper presented at the HORTSCIENCE.
- Masodian, s. (2009). Precipitation Regions of Iran. *Geography And Development Iranian Journal*, 7(13), 79-91. doi:10.22111/gdij.2009.1230
- Melgar, J., Dunlop, J., & Syvertsen, J. (2010). Growth and physiological responses of the citrus rootstock Swingle citrumelo seedlings to partial rootzone drying and deficit irrigation. *The Journal of Agricultural Science*, 148(5), 593-602.
- Ministry of Agriculture-Jahad, 2016. *Agricultural Statistics, Volume 3: Horticultural products*. Information and communication technology center, Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran, 240
- Nouna, B. B., Rezig, M., Bahrouni, H., & Ammar, H. B. (2016). Effect of partial root-zone drying irrigation technique (PRD) on the total dry matter, yield and water use efficiency of potato under tunisian semi-arid conditions. *Journal of Agricultural Science*, 8(7), 129-141.
- Pérez-Pérez, J., Romero, P., Navarro, J., & Botía, P. (2008). Response of sweet orange cv 'Lane late' to deficit-irrigation strategy in two rootstocks. II: Flowering, fruit growth, yield and fruit quality. *Irrigation Science*, 26(6), 519.
- Ravish Chandra, S. K. J., Mukesh Kumar, A.K. Singh and Vinod Kumar. (2018). Comparative Effects of Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying (PRD) on Growth, Yield and Wateruse Efficiency of Rabi Maize. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 1073-1080.
- Sadatmiri, F., Shahnazari, A., Zia Tebar Ahmadi, M. Kh., Zebardast Rostami, H., (2014). The effect of regulated deficit irrigation and incomplete root irrigation on the quantitative and qualitative yield of orange fruit. *Journal of Horticultural Science*, 28(1), 80-86. Retrieved from <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=223636>
- Senyigit, U., & Ozdemir, F. O. (2011). Effects of partial rootzone drying and conventional deficit irrigation on yield and quality parameters of Williams Pride apple cultivar drafted on M9 rootstock. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3776-3783.
- Shahnazari, A., Jensen, C. R., Liu, F., Jacobsen, S., & Andersen, M. N. (2005). *Partial root zone drying for water saving*. Paper presented at the Partial root zone drying for water saving.
- Shao, G.-C., Zhang, Z.-Y., Liu, N., Yu, S.-E., & Xing, W.-G. (2008). Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial rootzone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. *Scientia Horticulturae*, 119(1), 11-16.
- Sotiropoulos, T., Kalfountzos, D., Aleksiou, I., Kotsopoulos, S., & Koutinas, N. (2010). Response of a clingstone peach cultivar to regulated deficit irrigation. *Scientia Agricola*, 67(2), 164-169.
- Taherkhani, A., Golchin, A., Javid, F. (2009). *The effect of deficiite irrigation by drying part of root zone on yield and quality of grapes*. Paper presented at the National Conference on Sustainable Development Patterns in Water Management, Mashhad, Iran.
- Walid, M. M. A. R., Radwan, Y. A., Malak, M. A., Tareq, O., & Nabeel, M. B. H. (2012). Impact of different irrigation levels and harvesting periods on the quantity and quality of Navel oranges (*Citrus sinensis*) and fruit juice. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 115-119. Retrieved from <https://www.wflpublisher.com/Abstract/2903>
- Xu, H. L., Qin, F. F., Du, F. L., Xu, Q. C., Wang, R., Shah, R. P., Li, F. M. (2009). Applications of xerophytophysiology in plant production – Partial root drying improves tomato crops. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3&4), 981-988. Retrieved from <https://www.wflpublisher.com/Abstract/2855>
- Zegbe, J., Behboudian, M., & Clothier, B. (2004). Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, 68(3), 195-206.