نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۵۳-۳۳۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 338-353
ISSN: 2008 - 4730

# بررسی اثرکم آبیاری و کم آبیاری موضعی ریشه بر عملکرد کمی و کیفی و کارآیی مصرف آب انار

محمد سعید تدین[1*] - غلامرضا معاف پوریان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

## چکیده

در این مطالعه اثر کم آبیاری و کم آبیاری موضعی متناوب منطقه ریشه بر روی عملکرد کمی و کیفی و کارآیی مصرف آب انار (*Punicagranatum* L. cv. Zardeanar) در منطقه نیمه خشک شهرستان ارسنجان مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ به مدت ۵ سال در کرت ثابت و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار و اعمال تیمار سیستم های مختلف کم آبیاری شامل ۱- آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (۱۰۰درصد نیاز آبی) ($T_1$) ۲- آبیاری غرقابی (۱۰۰ درصد نیاز آبی) بصورت متناوب (در هر دور آبیاری بصورت یک در میان یک طرف درخت آبیاری گردید) ($T_2$) ۳- آبیاری غرقابی (۵۰ درصد نیاز آبی) ($T_3$) ۴- آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه (۱۰۰ درصد نیاز آبی) ($T_4$) ۵- آبیاری قطره ای متناوب (۱۰۰ درصد نیاز آبی) ($T_5$) و ۶- آبیاری قطره ای (۵۰ درصد نیاز آبی) ($T_6$) در هر دور آبیاری انجام گرفت. هر تیمار آزمایشی شامل ۴ درخت و آزمایش جمعاً برروی ۹۶اصله درخت۱۲ ساله یکنواخت انار انجام شد. عملیات داشت به طور یکنواخت در مورد تمام درختان انار اعمال شد. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین میزان عملکرد و کارایی مصرف آب از نظر آماری به ترتیب مربوط به تیمارهای خشکی موضعی ریشه یعنی آبیاری قطره‌ای متناوب با۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب بود که به ترتیب موجب کاهش مصرف آب آبیاری به میزان ۳۵ و ۵۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. کاربرد آبیاری متناوب خشکی موضعی ریشه‌چه در روش مرسوم یعنی آبیاری غرقابی و چه در روش آبیاری قطره ای نسبت به کم آبیاری، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب به ترتیب به میزان ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. کاهش میزان آب آبیاری تأثیر معنی‌دار بر کیفیت میوه داشت. بیشترین میزان نسبت کل مواد جامد محلول به اسید آب میوه انار مربوط به تیمار آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی بود که موجب افزایش ۹۵/۳۴ درصدی آن نسبت به تیمار شاهد شد. پس از آن تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب قرار داشتند که به ترتیب موجب افزایش ۶۱/۹۴ و ۵۲/۹۹ درصدی نسبت کل مواد جامد محلولبه اسید آب میوه انار شدند. از نظر مدیریت آبیاری بهترین تیمار کاربرد آبیاری قطره‌ای متناوب با۱۰۰ درصد نیاز آبی برای درخت انار رقم زرد انار بود و کاربرد این تیمار توصیه می گردد.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری متناوب، انار، خشکی ریشه، کیفیت میوه

## مقدمه

کمبود آب یکی از مهمترین فاکتورهای محدود کننده در تولید محصول تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا می‌باشد.چالش کمبود آب و محدودیت منابع آبی در سطح جهان موجب گردیده تا راه کارهایی برای حل این مشکل و افزایش راندمان مصرف آب در کشاورزی (مهمترین و بزرگترین مصرف کننده منابع آبی) ارائه دهند. قرار گرفتن کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک نیمکره شمالی و اینکه خشکسالی در آن امری دیرینه و طبیعی است از یک طرف و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی (که عمده‌ترین منابع تامین کننده آب کشاورزی در کشور است) بر اثر برداشت بی‌رویه و در بسیاری از موارد غیر ضروری، و عدم توجه به تلفات آب‌های استحصال یافته، اتخاذ روش‌هایی در خصوص کاهش مصرف آب امری ضروری و حیاتی می نماید. در حال حاضر از روش‌های مختلف

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.tadayon@areeo.ac.ir)
۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
DOI:10.22067/jhorts4.v0i0.53256

برای افـزایش سـازگاری و افـزایش کـارآیی مصـرف آب، بـدون اثـر معنی‌دار بر کاهش عملکرد استفاده می گردد. یکی از ایـن روش‌هـای موثر در افزایش راندمان مصرف آب کـه طـی سـالهای اخیـر توسـط پژوهش‌های زیادی در سطح دنیا تأیید شده است، تکنیـک‌هـای کـم آبیاری و کم آبیاری موضعی ریشه است. خشـکی موضـعی ریشـه بـه عنوان یک روش کاهش آب مصرفی اولین بار در آمریکا بر روی پنبـه انجام پذیرفت(۱۰). آبیاری متنـاوب قسـمتی از ریشـه در کـاهش آب مصرفی پنبه بسیار تأثیر گذار بود(۸). این روش بطور موفقیت آمیز بـر روی محصولات باغی از جمله گلابـی، هلـو (۲)، انگـور (۱۷)، زیتـون (۱۳)، مرکبات ( ۱۲ و ۲۴) و اخیراً بـر روی انـار (۲۲) انجـام پذیرفتـه است. تحقیقات انجام شده بر محصولات باغی مانند انگور (۱۱)، گوجه فرنگی (۱۴، ۲۸ و ۲۹) و هلو (۹) در هر دو شرایط گلخانه ای و مزرعه ای نشان داد که آبیاری موضعی متناوب ریشه باعث کـاهش مصـرف آب آبیاری به میزان ۵۰-۳۰ درصد می گردد، این در حالی اسـت کـه اثر معنی دار بر کاهش عملکرد نداشـته و حتـی صـفات کیفـی میـوه افزایش یافته است (۱۹). در خشکی موضعی ریشه، یک قسمت ریشه مرطوب و قسمت دیگر خشک نگه داشته مـی شـود، چنانکـه طـرف مرطوب و خشک مطابق تخلیه رطوبتی خاک و مصـرف آب گیـاه بـه طور متناوب تغییر می کند. دلیل اصـلی اثـر مثبـت خشـکی موضـعی ریشه، ارسال سیگنال خشکی خاک توسط قسمت خشـک ریشـه بـه اندام هوایی، عمدتاً توسط هورمون آبسایزیک اسـید، و عکـس العمـل اندام هوایی از جمله بسـته شـدن روزنـه هـا و کـاهش سـطح بـرگ می‌باشد ( ۳ و ۱۲). درخت انار بـا نـام علمـی .*PunicagranatumL* بومی ایران بوده و در سایر شرایط آب و هوایی مشابه به عنوان درخت غیربومی مورد کشت و کار قرار گرفته است (۲۱). انار به دلیل تحمـل در برابر گرما، مقاوم به خشکی بوده و در مناطق خشک و نیمه خشک و حتی در شرایط بیابانی رشد می‌کند (۴). مناطق با رطوبت نسـبی یـا بارندگی بالا برای پرورش این میوه مساعد نبوده، و در ایـن شـرایط از شیرینی کمتر برخوردار بوده و مستعد ترک خوردگی مـی‌باشـد. تـنش خشکی و پس از آن آبیاری سنگین و یا بارندگی و نیز سرمای زودرس در زمان رسیدن میوه کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار می دهد (۲۷). به دلیل کاهش تقسیم سلولی بویژه در سطح پوسـت میـوه همزمـان بـا افزایش حجم میوه و تابش آفتاب در شـرایط خـاص، نارسـایی هـای اکوفیزیولوژیکی از جمله آفتاب سـوختگی و تـرک خـوردگی بـر روی ارقام حساس ایجاد می شود و منشأ ایـن عـوارض اغلـب مربـوط بـه وضعیت تغذیه ای، جذب آب و ضخامت پوست میوه می باشد. آبیـاری صحیح و تغذیه مناسب بویژه در دوره هـای خشـک، ریـزش و تـرک خوردگی میوه را کاهش می دهد (۶). معمولاً پس از یک دوره دمـای بالا و وزش باد، آبیاری سنگین موجب افزایش درصد ترک خوردگی و ریزش میوه می‌شود (۲۰). خاک‌های شنی با قابلیت نگهداری رطوبـت پایین و حاصلخیزی پـایین، از حساسـیت بـالاتری نسـبت بـه تـرک خوردگی میوه برخوردارند. افزایش رطوبت خاک قبل از تنش خشـکی در شرایط آب و هوای گرم و وزش باد و کاهش عمق آبیاری به همراه تقسیط بیشتر کودهای محلول می تواند زیان ناشی از ترک خـوردگی را تا حدود زیاد کاهش دهد (۲۳). در شرایط خشـکی بـه دلیـل تـنش اسمزی، عدم تعادل یونی و تنش اکسیداتیو[1]، رشد گیـاه تحـت تـأثیر قرار می‌گیرد، گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما میـزان عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد (۱۵). ارتباط بین میزان عملکرد و ساختار سیستم ریشه از اهمیت زیادی برخوردار است. عملکرد تابعی از چگونگی توزیع سیستم ریشه در حجم وسیعی از خاک، جهـت جـذب آب و مواد غذایی می باشد (۱۶). به عبارت دیگر توسعه سیستم ریشـه به عوامل ژنتیکی و محیطی مربوط بوده که از جمله عوامـل محیطـی مهم می توان به آبگرایی[2] سیستم ریشـه بـرای دسترسـی بـه آب در خاک اشاره نمود. در بررسی ارتباط بـین گسـترش سیسـتم ریشـه در شرایط کم آبیاری (آبیاری اقتصادی) و میزان عملکرد درختـان سـیب، مشاهده شد که بیشترین میزان عملکرد در سه سال متوالی بدست آمد (۲۵). درخت انار به دلیل تحمل گرما، نسبت به خشکی مقاوم بـوده و در مناطق خشک، نیمه خشک و حتی مناطق بیابانی پرورش می یابـد (۴). باغ‌های انار، اخیراً به دلیل خشکسالی شدید و کاهش شدید منابع آب زیرزمینـی در اسـتان، نـابود شـده انـد (۲۲). بنـابراین منـابع آبـی می‌بایستی با کارایی بالاتری در تولید محصول مصـرف گردنـد. بـرای رسیدن به این هـدف، بهبـود مـدیریت مصـرف آب در کشـاورزی راه مهمی است. در این راستا به کارگیری سیستم‌های آبیاری و مـدیریت کـاربرد یکنـواختی و برنامـه ریـزی شـده آب و نیـز بـه کـارگیری تکنیک‌های آبیاری متناوب و کم آبیـاری موضـعی ریشـه بـه عنـوان روش‌های موثر در افزایش راندمان مصـرف آب در سـطح دنیـا بـرای افزایش کارایی مصرف آب و تولید محصول به ویژه در باغبانی مطـرح است. این آزمایش با هدف کاهش مقدار آب مصرفی درختان انـار کـه از پتانسیل بالایی از نظر مقاومت به خشـکی برخـوردار مـی باشـند و بررسی اثر کم آبیاری و کـم آبیـاری متنـاوب منطقـه ریشـه بـر روی عملکرد کمی و کیفی و کارآیی مصرف آب درختان انار رقم زرد انار در منطقه نیمه خشک شهرستان ارسنجان به مورد اجرا در آمد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه بـر روی درختـان انـار ( *Punicagranatum* L. cv. Zardeanar) در منطقـه نیمـه خشـک شهرسـتان ارسـنجان بـین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ بـه مـدت ۵ سـال اجـرا گردیـد. اطلاعـات جغرافیایی منطقه شامل عرض جغرافیایی ۲۹/۵۶ و طـول جغرافیـایی ۵۳/۱۶ و ارتفاع از سطح دریا معادل ۱۷۰۳ متر می باشد. در بهمن ماه

1-Oxidative stress
2-Hydrotropism

سال ۱۳۸۹ تعداد ۹۶اصله درخت مشابه و یکنواخت انار با فاصله کشت ۶×۴ متر و عمر ۱۲ سال و ۵ سال باردهی انتخاب گردید. نمونه مرکب خاک محل آزمایش از اعماق ۳۰-۰ ، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتر تهیه و جهت تعیین خواص فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک شامل اندازه گیری نیتروژن به روش کجلدال، فسفر قابل جذب با روش اولسن، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال، کربن آلی با روش دی کرمات پتاسیم، بافت خاک با روش هیدرومتری، درصد مواد خنثی شونده به روش تیتراسیون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه الکتروکانداکتومتر، pH خاک در گل اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای تعیین شد (۱). جدول ۱ و ۲ نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک و آب منطقه مورد آزمایش را نشان می‌دهد. خاک باغ مورد مطالعه عمیق با بافت خاک نسبتاً سنگین بود. پارامترهای هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سازمان هواشناسی واقع در منطقه تهیه گردید. و بر اساس آن تبخیر و تعرق مرجعا استفاده از معادله فائو-پنمن – مانتیث (FPM) محاسبه شد.آزمایش در کرت‌های ثابت و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار و اعمال تیمار سیستم های مختلف کم آبیاری شامل ۱- آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه$ET_C$)($T_1$) ۲- آبیاری غرقابی (۱۰۰ درصد نیاز آبی$ET_C$) بصورت متناوب[1] در هر دور آبیاری (در هر دور آبیاری بصورت یک در میان یک طرف درخت آبیاری گردید)($T_2$) ۳- آبیاری غرقابی (۵۰ درصد نیاز آبی$ET_C$)[2] ($T_3$) ۴- آبیاری کامل قطره ای دو طرفه (۱۰۰ درصد نیاز آبی$ET_C$) (تعداد ۸ عدد قطره چکان با دبی ۲ لیتر در ساعت در دو طرف هریک با شبکه مستقل) ($T_4$) ۵- آبیاری قطره ای متناوب (۱۰۰ درصد نیاز آبی$ET_C$)[3]($T_5$) و ۶- آبیاری قطره‌ای (۵۰ درصد نیاز آبی$ET_C$)[4] ($T_6$) در هر دور آبیاری انجام گرفت. هر تیمار آزمایشی شامل ۴ تکرار و در هر کرت ۴ درخت و آزمایش جمعاً برروی ۹۶ اصله درخت ۱۲ ساله یکنواخت انار انجام شد.

دور آبیاری ثابت و با توجه به نیاز آبی گیاه بر اساس راندمان آبیاری قطره‌ای هفتاد درصد و آبیاری سطحی چهل درصد، میزان آب آبیاری برای تیمارهای مختلف آزمایشی (کاهش مصرف آب آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه) محاسبه و با کانتور حجمی اعمال گردید. در این آزمایش میزان تغییرات رطوبتی خاکتا عمق ۹۵ سانتی متر در فواصل پس از آبیاری و در طول فصل رشد فعال گیاه توسط نوترون متر در تیمار شاهد اندازه گیری شد.

1- Alternate partial root-zone irrigation
2 - Regular deficit irrigation
3- Alternate partial root-zone drip irrigation
4- Regular deficit drip irrigation

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه خاک در محل آزمایش
Table 1- The results of soil samplephysic-chemical analysis in experimental location

| عمق خاک Soil depth (cm) | جرم ویژه ظاهری Bulk density ($g\ cm^{-3}$) | جرم ویژه حقیقی Particle density ($g\ cm^{-3}$) | هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$) | pH | کل مواد خنثی شونده Total neutralizing Value (%) | کربن آلی Organic carbon (%) | فسفر Phosphorous ($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$) | منیزیم Magnesium ($meq.l^{-1}$) | کلسیم Calcium ($meq.l^{-1}$) | ظرفیت مزرعه Field capacity (%) | نقطه پژمردگی دائم Permanent wilting point (%) | مقدار آب قابل دسترس Available water (%) | شن Sand (%) | سیلت Silt (%) | رس Clay (%) | بافت خاک Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 | 1.42 | 2.56 | 1.86 | 8.3 | 39 | 1.65 | 1.2 | 426 | 19 | 24 | 41.5 | 17.4 | 12 | 16 | 46 | 38 | SiltyClayLoam |
| 30-60 | 1.42 | 2.58 | 1.56 | 8.1 | 42 | 1.60 | 0.9 | 412 | 18 | 26 | 40.5 | 16.8 | 11.8 | 14 | 46 | 40 | SiltyClayLoam |
| 60-90 | 1.40 | 2.52 | 1.52 | 8.1 | 42 | 1.36 | 0.9 | 386 | 18 | 24 | 40.4 | 16.8 | 11.8 | 12 | 47 | 41 | SiltyClayLoam |

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

Table 2- The results of irrigation water sample chemical analysis in the experiment

| هدایت الکتریکی Electerical conductivity $EC\times10^6$ | اسیدیته Acidity pH | میلی اکی والانت در لیتر (meq.l$^{-1}$) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بیکربنات $HCO_3^-$ | کلر $CL^-$ | سولفات $SO_4^{2-}$ | مجموع آنیونها Sum anions | کلسیم$^+$ منیزیم $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ | سدیم $Na^+$ | مجموع کاتیون ها |
| 710 | 7.6 | 4.4 | 2.9 | 3.1 | 8.2 | 6.1 | 2.2 | 8.3 |

هیدرولیکی خاک به روش آزمایشگاهی در زمان ها و اعماق مختلف یا تشریح پروفیل آب خاک مقدار واقعی تبخیر و تعرق گیاه (ETc) به دست آمد. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد آزمایش نیز به منظور بررسی بیلان رطوبتی خاک در سال های آزمایش تهیه گردید (جدول ۳).برای تعیین ضریب گیاهی از معادله ۱ استفاده شد.

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_0} \qquad (۱)$$

که در آن، $ET_C$ و $ET_0$ به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه و تبخیر و تعرق مرجع هستند.

میزان نیاز آبی گیاه بر اساس بیلان رطوبتی، تبخیر و تعرق واقعی گیاه، میزان آب نسبی برگ و کارآیی مصرف آب گیاه بر اساس میزان عملکرد کل به ازاء آب مصرفی گیاه محاسبه گردید. میانگین طول دوره رشد درخت انار در چهار مرحله رشد تعیین و با استفاده از اطلاعات منطقه ای و محاسبه $ET_0$ و داده های بدست آمده از روش موازنه حجمی آب خاک جهت تعیین تبخیر و تعرق گیاه (ETc)، ضریب گیاهی Kc در شرایط نرمال محاسبه گردید و با توجه به آن میزان ETc در طول مراحل مختلف رشد درخت انار محاسبه گردید (جدول ۴).

پس از محاسبه ضریب گیاهی انار با توجه به میزان تبخیر و تعرق مرجع در هر سال آزمایش، در شرایط نرمال (بدون تنش) میانگین نیاز آبی گیاه در منطقه معادل با ۷۸۳ میلی متر محاسبه گردید. سایر صفات شامل عملکرد کل درخت، کارآیی مصرف آب، اندازه و وزن میوه، درصد آب میوه، رنگ، تاریخ رسیدن، قند و اسیدیته آب میوه شامل کل مواد جامد قابل حل (TSS)، اسید کل (TA)، نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید کل و اسیدیته میوه، رنگ دانه( آریل) و ضخامت پوست و درصد ترک خوردگی میوه بود (۷). ویژگی های رنگ آریل شامل درخشندگی (L)، رنگ قرمز- سبزی (Green-Red) (a) و رنگ آبی- زرد (Blue-Yellow)(b) توسط شاخص های تعیین رنگ میوه لاویباند ارزیابی شد. محاسبه عملکرد کل پس از برداشت محصول با وزن کردن میوه های برداشتی انجام شد. قطر میوه به وسیله کولیس، اسید کل آب میوه به روش تیتراسیون، اسیدیته آب میوه با پ اچ متر، رنگ میوه بوسیله رنگ سنجی لاویباند[1] ، میزان قند یا مواد جامد قابل حل توسط رفراکتومتر اندازه گیری شد. تجزیه واریانس داده های به دست آمده از آزمایش توسط نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام شد و معادلات رگرسیونی و ضرایب همبستگی ما بین صفات محاسبه و توسط نرم افزار Excel رسم گردید.

بر اساس روش موازنه آب خاک در مزرعه (۵) و هدایت

1-Lavibond

**جدول ۳- اطلاعات میانگین ماهیانه دوره ده ساله بدست آمده از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک منطقه ارسنجان و محاسبه $ET_0$**

**Table 3- The information of monthly means in ten years' periods from synoptic climatology of Arsenjan region and $ET_0$ calculation.**

| ماه month | | کمینه دما Min Temp (°C) | بیشینه دما Max Temp (°C) | رطوبت Humidity (%) | سرعت باد Wind (m/s) | ساعت آفتاب Sun hours | تشعشع Rad ($MJm^{-2}day^{-1}$) | تبخیر و تعرق مرجع ETo ($mmday^{-1}$) | بارندگی Rain (mm) | باران موثر Eff. rain (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فروردین | March-April | 8 | 21.4 | 45 | 0.9 | 7.9 | 20.7 | 3.75 | 67.1 | 59.9 |
| اردیبهشت | April-May | 14 | 28.7 | 28 | 1.3 | 10.2 | 25.1 | 5.17 | 1.1 | 1.1 |
| خرداد | May-June | 19.4 | 34.5 | 25 | 1.3 | 11.3 | 27 | 6.11 | 0.4 | 0.4 |
| تیر | June-July | 22.1 | 37.3 | 19 | 1.2 | 10.2 | 25.1 | 6.48 | 0 | 0 |
| مرداد | July-August | 22.2 | 36.8 | 18 | 1.2 | 10.9 | 25.3 | 6.09 | 0 | 0 |
| شهریور | August-September | 18.9 | 33.9 | 19 | 1.2 | 10.4 | 22.6 | 5.13 | 0.4 | 0.4 |
| مهر | September-October | 13.9 | 28.7 | 23 | 1.4 | 10 | 19.1 | 3.72 | 0.1 | 0.1 |
| آبان | October-November | 8.9 | 21.9 | 39 | 1.2 | 7.9 | 14.1 | 2.63 | 11.8 | 11.6 |
| آذر | November-December | 2 | 13.6 | 53 | 1.1 | 7.3 | 12.3 | 1.77 | 42.6 | 39.7 |
| دی | December-January | -0.3 | 11.6 | 53 | 0.9 | 7.6 | 13.3 | 1.58 | 19.4 | 18.8 |
| بهمن | January-February | 1.4 | 13.7 | 55 | 1 | 7.6 | 15.5 | 2.14 | 36.3 | 34.2 |
| اسفند | February-March | 4.9 | 19.2 | 44 | 1.1 | 8.7 | 19.6 | 3.27 | 37 | 34.8 |
| میانگین و جمع | Sum and Means | 11.3 | 25.1 | 35 | 1.2 | 9.2 | 20 | 3.99 | 216.2 | 201 |

**جدول ٤- میانگین مقادیر محاسبه شده $ET_c$ ، $ET_0$ و $K_c$ درخت زرد انار طی فصل رشد**

**Table 4- Means of calculated $ET_C$, $ET_0$ and $K_C$ for Zarde-anar pomegranate during growth period**

| مرحله رشد Growth stage | بر حسب تقویم Calendar | طول دوره Duration (day ) | $ET_c$ (mm) | $ET_0$ (mm) | $K_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| اولیه Initial | 25 April-25 May | 30 | 74.61 | 144.15 | 0.52 |
| توسعه Development | 25 May-15 July | 50 | 182.13 | 289.38 | 0.63 |
| میانی Mid. season | 15 July-25 November | 130 | 516.70 | 705.90 | 0.73 |
| نهایی Late season | 25 November - December | 30 | 55.43 | 85.13 | 0.65 |

## نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس مرکبداده ها (جدول ۵) نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر روی میزان عملکرد و کارایی مصرف آب می باشد. بیشترین میزان عملکرد میوه مربوط به تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب بود که به ترتیب موجب افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه به میزان ۶۸/۷۷ و ۴۹/۶۵ درصد شد (جدول ۶). تیمار آبیاری کامل قطره ای دو طرفه از نظر میزان عملکرد در گروه دوم آماری قرار داشت و موجب افزایش آن به میزان ۴۰/۸۹ درصد شد. دو تیمار آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار آماری از نظر عملکرد با شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه نداشتند.کلیه تیمارهای آزمایشی در مقایسه با شاهد موجب افزایش کارایی مصرف آب شدند. تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با۱۰۰ درصدنیاز آبی و آبیاریغرقابیبا ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل

غرقابی عرف منطقه به ترتیب موجب کاهش مصرف آب آبیاری به میزان ۳۵ و ۵۰ درصد و افزایش ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴ درصد کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین مقادیر کارایی مصرف آب درختان انار مربوط به تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب بود که پس از آن تیمارهای آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی در گروه دوم آماری قرار داشتند و موجب افزایش کارایی مصرف آب به ترتیب به میزان ۵۹/۸۹ و ۵۸/۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. تیمار آبیاری کامل قطره ای دو طرفه نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه، موجب افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۴۰/۸۳ درصد و کاهش مصرف آب آبیاری به میزان ۳۰ درصد شد. کانگ و ژنگ (۱۳) اثر خشکی متناوب بخشی از ریشه (PRD) روی درختان هلو با استفاده آبیاری قطره ای مورد بررسی قرار دادند. این تیمار موجب کاهش مصرف آب آبیاری خالص به میزان ۲۳ درصد شد. جبران آب در قسمت مرطوب ریشه، در روش PRD موجب جلوگیری از کاهش تعداد میوه، عملکرد درخت و عملکرد کل در واحد سطح شد و کارایی مصرف آب در درختان گلابی و راندمان استحصال آب آبیاری بهبود یافت (۱۳). با توجه به نتایج آزمایش ما کاربرد آبیاری متناوب PRD چه در روش مرسوم یعنی آبیاری غرقابی و چه در روش آبیاری قطره ای نسبت به کم آبیاری DI، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در درختان انار می شود. اگرچه روش DI در مقایسه با تیمارهای شاهد و آبیاری کامل قطرهای دو طرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار بود، امابیشترین درصد تشکیل میوه مربوط به تیمار آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب بود که در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی از نظر درصد تشکیل میوه در گروه دوم آماری قرار داشت که این مسأله نشان دهنده اهمیت آبیاری متناوب در تشکیل میوه انار می باشد (جدول ۶). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۵ و ۷) نشان دهنده اثر معنی دار تیمارهای آزمایش بر صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده از جمله میانگین زمان رسیدن میوه، قطر میوه، وزن میوه، ضخامت پوست، درصد ترک خوردگی پوست، کیفیت رنگ پوست و دانه (آریل)، میزان کل مواد جامد قابل حل، اسید کل، نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید و اسیدیته آب میوه انار رقم زرد انار در آزمایش بود. همچنین اثر سال و برهم کنش آن با تیمارهای آزمایشی در تعدادی از صفات معنی دار شد. میانگین زمان رسیدن میوه در تیمارهای آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی، آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب، کمتر بود و بیشترین میانگین زمان رسیدن میوه مربوط به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه به میزان ۱۵۶/۲۷ روز بود. تیمارهای آبیاری کامل قطره ای دو طرفه و آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی در گروه آماری دوم قرار داشتند. بیشترین اندازه قطر میوه انار مربوط به تیمارهای آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و آبیاری کامل قطره ای دو طرفه به ترتیب به میزان ۱۸/۸۶ و ۱۸/۲۱ سانتیمتر بود. سایر تیمارهای آزمایش از این نظر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. در این آزمایش دو روش PRDدر آزمایش ما موجب کاهش زمان رسیدن میوه به میزان ۱۰-۷ روز گردید، همچنین موجب کاهش قطر میوه به ترتیب به میزان ۶/۸ و ۸ درصد و وزن میوه به ترتیب به میزان ۷/۹ و ۵/۳ درصد نسبت به شاهد شدند، اما درصد میوه بندی و میانگین عملکرد کل افزایش یافت (جدول ۶). این نتایج منطبق بر نتایج به دست آمده از آزمایشات پرویزی و همکاران (۲۲) می‌باشد. این محققین در آزمایش خود نشان دادند که قطر میوه انار رقم رباب در آبیاری معمول و تنش کم، بیشتر از قطر میوه در تنش آبی شدید بوده، اما عملکرد کل درخت بیشتر تابع تعداد میوه بوده و وضعیت گلدهی و میوه بندی تأثیر بسزایی بر روی عملکرد دارد. بیشترین ضخامت پوست میوه مربوط به تیمارهای آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و آبیاری کامل قطره ای دو طرفه به ترتیب به میزان ۳/۶۶ و ۳/۶۵ میلی متر بود. کمترین ضخامت پوست میوه به میزان ۲/۸۶ میلی متر مربوط به تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی بود.

بالاترین افزایش درصد ترک خوردگی میوه نسبت به تیمار شاهد مربوط به تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی با میزان افزایش ۸۲ درصد بود. پس از آن تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب و آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب موجب افزایش درصد ترکیدگی میوه انار به میزان ۵۵/۷۱ و ۵۵/۴۸ درصد نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه شدند (جدول ۶). به طور کلی اعمال کلیه تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد موجب بهبود رنگ میوه انار شد و بیشترین کیفیت رنگ میوه متعلق به تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب، آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی بود و دو تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل قطره ای دو طرفه در گروه دوم آماری قرار گرفتند (جدول ۸). در این آزمایش از نظر کیفیت پوست، کاهش میزان آب آبیاری موجب افزایش درصد ترک خوردگی و ضخامت پوست انار گردید. کیفیت میوه از جمله رنگ میوه، کل مواد جامد قابل حل، اسید کل، نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید، اسیدیته و رنگ دانه با کاهش میزان آب مصرفی بهبود یافت.لویس و همکاران (۱۷و ۱۸) گزارش نمودند که کاربرد PRD کیفیت انگور را در مرحله ذخیره قند افزایش می‌دهد.

جدول ۵- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده انار رقم زرد انار طی پنج فصل رشد

**Table 5- Compound means square analysis of measured pomegranate cv. Zarde-anar characteristics in five growth seasons**

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی Degree of freedom | عملکرد Fruit Production | کارایی مصرف آب WUE | درصد میوه بندی Fruit set | میانگین زمان رسیدن میوه Mean of fruit ripening | قطر میوه Fruit diameter | وزن میوه Fruit weight | ضخامت پوست Peel thickness | درصد ترک خوردگی پوست Peel cracking |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 4 | 266.321$^{**}$ | 62.85 | 0.361$^{**}$ | 612.601$^{ns}$ | 2281.354$^{ns}$ | 312.144$^{ns}$ | 67.027$^{ns}$ | 3421.24$^{ns}$ |
| خطا Error | 8 | 24.62 | 65.78 | 0.421 | 835.42 | 1705.105 | 552.511 | 89.05 | 2367.407 |
| تیمار Treatment | 5 | 278.41$^{**}$ | 2456.24$^{**}$ | 6452.315$^{**}$ | 3541.26$^{**}$ | 6713.641$^{**}$ | 3214.021$^{**}$ | 4681.254$^{**}$ | 3461.085$^{**}$ |
| سال× تیمار Year ×Treatment | 20 | 543.98$^{**}$ | 159.312$^{ns}$ | 1641.94$^{*}$ | 2807.301$^{ns}$ | 3231.201$^{ns}$ | 2514.79$^{**}$ | 3167.54$^{ns}$ | 2361.054$^{ns}$ |
| خطا Error | 25 | 51.97 | 189.64 | 714.51 | 2310.156 | 3054.18 | 1048.22 | 2891.063 | 1964.25 |
| ضریب تغییر Coefficient of variation (%) | | 7.02 | 6.54 | 7.24% | 6.33% | 8.62% | 9.23% | 6.51% | 7.11% |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری ns از نظر آماری عدم معنی دار

*, ** significant at 5 and 1 statistical levels respectively $^{ns}$ non- significant

جدول ٦- اثر تیمارهای کم آبیاری موضعی ریشه بر برخی صفات اندازه گیری شده انار رقم زرد انار

Table 6- The effect of root alternate deficit irrigation treatments on measured parameters of Zarde-anar pomegranat

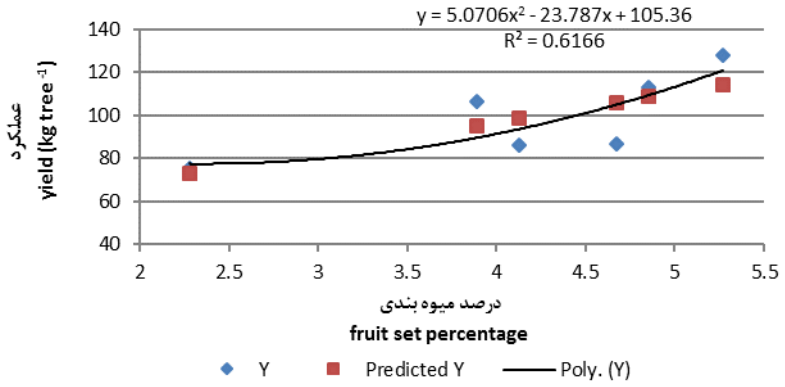
| تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | عملکرد Fruit production ($kg.tree^{-1}$) | کارایی مصرف آب WUE ($kg.m^{-3}$) | درصد میوه بندی Fruit set (%) | میانگین زمان رسیدن میوه Mean of fruit ripening (day) | قطر میوه Fruit diameter (cm) | وزن میوه Fruit weight (g) | ضخامت پوست Peel thickness (mm) | درصد ترک خوردگی پوست Peel cracking (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (با توجه به نیاز آبی گیاه) | T1 | 75.61d | 9.65e | 2.28e | 156.27a | 18.86a | 237.35ab | 3.66a | 8.67de |
| آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب (Alternate partial root-zone irrigation ) | T2 | 113.15ab | 16.54ab | 4.85ab | 148.23bc | 17.58c | 218.40c | 3.12c | 13.50b |
| آبیاری غرقابی با۵۰ درصد نیاز آبی ( Regular deficit irrigation) | T3 | 86.25cd | 15.33c | 4.13cd | 152.40b | 17.33cd | 198.60d | 2.86d | 15.78a |
| آبیاری کامل قطره ا ی دوطرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) | T4 | 106.53b | 13.59d | 3.89d | 149.70b | 18.21ab | 246.75a | 3.65ab | 9.64d |
| آبیاری قطره ای متناوب با۱۰۰ درصد نیاز آبی ( Alternate partial root-zone drip irrigation) | T5 | 127.61a | 17.21a | 5.27a | 145.40bc | 17.34cd | 224.60b | 3.45b | 12.14c |
| آبیاری قطره ای با۵۰ درصد نیاز آبی ( Regular deficit dripirrigation) | T6 | 86.49cd | 15.43c | 4.67b | 140.84c | 17.12cd | 206.41cd | 3.15c | 13.48bc |

میانگین ها با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن نمی‌باشند

Means with the same letters in every column has no significant differentces based on Duncan’s multiple test at 5 percent probability level.

آن‌ها بیان کردند که در این رابطه مهمترین دلیل کنترل بهتر رشد رویشی نسبت به رشد زایشی می باشد. در این صورت در اثر کاهش آبیاری بیوماس کل کم می‌شود اما به دلیل بهبود شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی کم نمی‌شود. در آزمایش ما دو تیمار آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب و آبیاری قطرهای متناوب با۱۰۰ درصدنیاز آبی از وضعیت بهتری برخوردار بودند. بیشترین میزان کل مواد جامد قابل حل آب میوه انار مربوط به تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی بود که به ترتیب موجب افزایش این صفت نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۰/۵۱ و ۱۸/۰۱ درصد شدند. پس از آن دو تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب در گروه دوم آماری قرار داشتند و موجب افزایش ۱۶/۴۱ و ۱۵/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین میزان اسیدیته آب میوه انار مربوط به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و تیمار آبیاری کامل قطره ای دو طرفه با میزان ۰/۸۶ و ۰/۷۷ درصد بود. کمترین میزان اسید کل آب میوه مربوط به تیمار آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی به میزان ۰/۵۲ درصد بود (جدول ۸). بیشترین میزان نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید آب میوه انار مربوط به تیمار آبیاری قطره ای با ۵۰ درصد نیاز آبی بود که موجب افزایش ۹۵/۳۴ درصدی آن نسبت به تیمار شاهد شد. پس از آن تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب قرار داشتند که به ترتیب موجب افزایش ۶۱/۹۴ و ۵۲/۹۹ درصدی نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید آب میوه انار شدند. کمترین میزان این نسبت مربوط به تیمار آبیاری کامل قطره ای دو طرفه بود.بیشترین اسیدیته آب میوه انار مربوط به تیمارهای آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و آبیاری کامل قطره ای دو طرفه بود و کمترین میزان اسیدیته آب میوه انار متعلق به تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب بود. که این مسأله نشان دهنده اهمیت تناوب آبیاری بر کاهش اسیدیته آب میوه انار می باشد.

کیفیت رنگ دانه‌های انار رقم زرد انار (آریل) نقش مهمی در صادرات میوه انار داشته و در این آزمایش مشاهده گردید که بیشترین کیفیت رنگ دانه‌های انار با توجه به شاخص‌های Lab مربوط به تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب و آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود و کمترین کیفیت رنگ دانه‌های انار مربوط به تیمار آبیاری کامل قطره ای دو طرفه بود (جدول ۸). محاسبه و بررسی همبستگی ورگرسیونی بین صفاتآزمایشی نشان داد که افزایش عملکرد ارتباط معنی‌دار با افزایش درصد میوه بندی در انار داشت (r =۰/۷۴۴) (شکل ۱). همچنین افزایش کارایی مصرف آب همزمان با افزایش درصد میوه بندی و عملکرد و نیز کاهش مصرف آب، ارتباط معنی‌دار با صفات کیفی از جمله کاهش زمان رسیدن میوه، کاهش قطر میوه، افزایش درصد ترک خوردگی پوست، بهبود کیفیت رنگ میوه، افزایش کل مواد جامد قابل حل، کاهش اسید، افزایش کل مواد قابل حل به اسید و بهبود کیفیت رنگ دانه داشت. همچنین با افزایش ضخامت پوست میوه درصد ترک خوردگی پوست انار به طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۹).




**شکل ۱- برازش رگرسیونی بین صفات عملکرد و درصد میوه بندی انار رقم زرد انار**

**Figure 1- Regression trend between yield and fruit set percentage of pomegranate cv. Zarde-anar**

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب و میانگین مربعات صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده در انار رقم زرد انار تحت تیمارهای کم آبیاری موضعی ریشه

Table 7- Compound means square analysis of measured quantitative and qualitative characteristics of Zarde-anar pomegranate under root alternate deficit irrigation treatments

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی Degree of freedom | کیفیت رنگ قرمز- سبزی پوست میوه Fruit Green-Red (a) | رنگ قرمز- سبزی دانه Aril Green-Red (a) | رنگ آبی- زرد دانه Aril Blue-Yellow (b) | کل مواد جامد قابل حل Total Soluble Solid (٪) | اسید کل Total Acid (٪) | نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید TSS/TA | اسیدیته pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 4 | 0.0314 ns | 63.5 ns | 0.001 ns | 9925.32** | 0.052 ns | 0.365 ns | 14.64 ns |
| خطا Error | 8 | 0.174 | 42.28 ns | 0.072 | 2124.247 | 0.0465 | 0.445 | 13.31 |
| تیمار Treatment | 5 | 0.665** | 241.34** | 6.861** | 6451.01** | 0.925** | 0.897** | 345.16** |
| سال× تیمار Year * Treatment | 20 | 0.0417 ns | 145.64 ns | 0.082 ns | 254.41 ns | 0.45 ** | 0.151 ** | 54.12 ns |
| خطا Error | 25 | 0.1317 | 134.71 | 0.061 | 4655.45 | 0.064 | 0.042 | 132.504 |
| ضریب تغییر Coefficient of variation (%) | | 7.55% | 6.80% | 8.32% | 5.90% | 5.10% | 6.40% | 5.20% |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری ns از نظر آماری عدم معنی دار

*, ** significant at 5 and 1 statistical levels respectively ns non- significant

جدول ۸- اثر تیمارهای کم آبیاری موضعی ریشه بر برخی صفات اندازه گیری شده میوه انار رقم زرد انار

Table 8- The effect of root alternate deficit irrigation treatments on measured parameters of Zarde-anar pomegranat

| تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | | رنگ میوه Fruit color (Lab index) | کل مواد جامد قابل حل Total soluble solids | اسید کل Total acid | نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید TSS/TA | اسیدیته pH | رنگ دانه Aril color (a index) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (با توجه به نیاز آبی گیاه) | T1 | 33.50d | 13.65d | 0.86a | 15.87e | 2.26d | 68.00c |
| آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب ( Alternate partial root-zone irrigation) | T2 | 48.70a | 15.78b | 0.65c | 24.28b | 3.89ab | 75.60a |
| آبیاری غرقابی با۵۰ درصد نیاز آبی (Regular deficit irrigation) | T3 | 42.50bc | 15.89b | 0.74b | 21.47cd | 3.02c | 72.30b |
| آبیاری کامل قطره ای دوطرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) | T4 | 39.67bc | 14.84c | 0.77ab | 19.27d | 2.64cd | 63.54d |
| آبیاری قطره ای متناوب با۱۰۰ درصد نیاز آبی ( Alternate partial root-zone drip irrigation) | T5 | 44.40ab | 16.45a | 0.64c | 25.70b | 3.97a | 74.40ab |
| آبیاری قطره ای با۵۰ درصد نیاز آبی ( Regular deficit drip irrigation) | T6 | 45.40ab | 16.12ab | 0.52d | 31.00a | 3.61b | 71.50bc |

میانگین ها با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن نمی‌باشند

Means with the same letters in every column has no significant differentces based on Duncan's multiple test at 5 percent probability level.

جدول ۹- ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات اندازه گیری شده انار رقم زرد انار تحت تیمارهای کم آبیاری موضعی ریشه

**Table 9- Calculated correlation coefficient between measured characteristics of pomegranate cv. Zarde-anar under root alternate deficit irrigation treatments**

| صفات آزمایشی Experimental traits | عملکرد Fruit Production | کارایی مصرف آب WUE | درصد میوه بندی Fruit set | میانگین زمان رسیدن میوه Mean of fruit ripening | قطر میوه Fruit diameter | وزن میوه Fruit weight | ضخامت پوست Peel thickness | درصد ترک خوردگی پوست Peel cracking | رنگ میوه Fruit color | کل مواد جامد قابل حل Total soluble solids | اسید کل Total acid | نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید TSS/TA | اسیدیته pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملکرد Fruit Production | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| کارایی مصرف آب WUE | 0.708** | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| درصد میوه بندی Fruit set | 0.744** | 0.985** | 1.000 | | | | | | | | | | |
| میانگین زمان رسیدن میوه Mean of fruit ripening | -0.414 | -0.705** | -0.796** | 1.000 | | | | | | | | | |
| قطر میوه Fruit diameter | -0.357 | -0.901** | -0.880** | 0.765** | 1.000 | | | | | | | | |
| وزن میوه Fruit weight | 0.192 | -0.527 | -0.441 | 0.347 | 0.786** | 1.000 | | | | | | | |
| ضخامت پوست Peel thickness | 0.108 | -0.576 | -0.466 | 0.254 | 0.754** | 0.947** | 1.000 | | | | | | |
| درصد ترک خوردگی پوست Peel cracking | 0.070 | 0.721** | 0.622* | -0.372 | -0.862** | -0.936** | -0.975** | 1.000 | | | | | |
| رنگ میوه Fruit color | 0.568 | 0.927** | 0.917** | -0.724** | -0.852** | -0.563 | -0.643* | 0.724** | 1.000 | | | | |
| کل مواد جامد قابل حل Total soluble solids | 0.557 | 0.965** | 0.954** | -0.765** | -0.973** | -0.658* | -0.637* | 0.780** | 0.871** | 1.000 | | | |
| اسید کل Total acid | -0.333 | -0.762** | -0.819** | 0.960** | 0.859** | 0.562 | 0.479 | -0.567 | -0.825** | -0.829** | 1.000 | | |
| نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید TSS/TA | 0.293 | 0.747** | 0.802** | -0.954** | -0.872** | -0.598 | -0.492 | 0.583 | 0.791** | 0.836** | -0.996** | 1.000 | |
| اسیدیته pH | 0.350 | 0.683* | 0.631* | -0.355 | -0.662* | -0.682* | -0.646* | 0.690* | 0.718** | 0.684* | -0.558 | 0.559 | 1.000 |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری

*, ** significant at 5 and 1 statistical levels respectively

## نتیجه‌گیری کلی

توجه گسترده ای به کاربرد سیستم های کم آبیاری و آبیاری متناوب محیط ریشه برای افزایش کارآیی مصرف آب در محصولات باغی شده است. این تکنیک ها اولین بار به منظور کاهش رشد شاخساره و افزایش ورود نور به تاج درخت مورد استفاده قرار گرفت. این در حالی بود که عملکرد و کیفیت میوه دستخوش تغییر نشد و در بعضی موارد افزایش نشان داد. نتایج آزمایش ما نشان داد که آبیاری متناوب منطقه ریشه در حالی که موجب کاهش قابل توجه مصرف آب آبیاری شده منجر به کاهش معنی دار عملکرد نشد. از آنجایی که کاربرد تناوب آبیاری موجب تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی ریشه و توانمندی آن در نفوذ و جذب آب می گردد، توصیه می گردد تا الگوی این تغییرات با توجه به نوع تیمارهای آزمایش مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به نتایج آزمایش می توان نتیجه گیری نمود که بهترین تیمارها از نظر افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب، آبیاری غرقابی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بصورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بودند. اگرچه از نظر کیفیت پوست، کاهش میزان آب آبیاری موجب افزایش درصد ترک خوردگی و کاهش ضخامت پوست انار گردید، اما به دلیل جزئی بودن این میزان در مقایسه با افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می توان از آن صرف نظر نمود. از طرف دیگر افزایش کارایی مصرف آب همزمان با افزایش درصد میوه بندی و عملکرد و نیز کاهش مصرف آب، ارتباط معنی‌دار با صفات کیفی داشت، چنانکه کیفیت داخلی میوه از جمله رنگ میوه، کل مواد جامد قابل حل، اسید کل، نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید، اسیدیته و رنگ دانه با کاهش میزان آب مصرفی بهبود یافت. نتایج آزمایش نشان داد که از نظر مدیریت آبیاری بهترین تیمار کاربرد آبیاری قطره‌ای متناوب با۱۰۰ درصد نیاز آبی برای درخت انار رقم زرد انار بود، و کاربرد این تیمار از این نظر برای منطقه توصیه می‌گردد.

## منابع


1- Abrisqueta J.M.,Mounzer O., Alvarez S., Conejero, W., Garcia-Orellana Y., Tapia L.M., Vera J., Abrisqueta I., and Ruiz-Sanchez M.C. 2008. Root dynamics of peach trees submitted to partial root zone drying and continuous deficit irrigation.Agricultural Water Management. 95, 959–967.

2- Ahmadi S.H., Andersen M.N., Plauborg F., Poulsen R.T., Jensen C.R., Sepaskhah A.R., and Hansen S. 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: gas exchange and xylem [ABA]. Agricultural Water Management. 97, 1486–1494.

3- Ahyaee, M., and Behbahanizadeh A.A. 1993. Soil chemical analysis methods. Technical Bul. 893, First edition, Soil and Water institute, Tehran, Iran.

4- Aseri G.K., Jain N., Panwar J., Rao A.V.,andMeghwal P.R. 2008. Bio fertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, and metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punicagranatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia of Horticulture. 117(2), 130–135.

5- Bonfil D.J., Mufradi I., Klitman S., andAsido S. 1999. Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment. Agriculture journal. 91:3, 368-373.

6- Chikaizumi S. 2007. Studies on Causal Factors and Preventive Measures of Rind Disorders in Citrus Fruits. 2008. University of California. Agriculture and Natural Resources, http://anrcatalog.ucdavis.cdu.

7- Costantini E., Landi L., Silvestroni O., Pandolfini T., Spena A., and Mezzetti B. 2007.Auxin Synthesis-Encoding Transgene Enhances Grape Fecundity. Plant Physiology.143 (4): 1689–1694.

8- Du T., Kang S., Zhang J., Li F., andHu X. 2006. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. Agricultural water management. 84: 41 – 52.

**9-** Gong D., Kang S., Tong L., and Ding R. 2004. Effects of root-divided alternative irrigation on soil moisture distribution and root– trunk sap flow dynamics of peach trees. Journal of Hydraulic Engineering. 35(10), 120–127 (in Chinese with English abstract).

10- Grimes D.W., Walhood V.T., andDickens W.L. 1968. Alternate furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. California Agricultural. 22 (5), 4–6.

**11-** Gu S.L., David Z., Simon G., andGreg J. 2000. Effect of Partial Root zone drying on Vine Water Relations, Vegetative Growth, Mineral Nutrition, Yield and Fruit Quality in Field- Grown Mature Sauvignon Blanc Grapevines. Research Notes, #000702. California Agricultural Technology Institute, California State University, Fresno.

**12-** Hutton R.J., andLoveys B.R. 2011. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus effects on water use efficiency and fruit characteristics. Agricultural Water Management.98, 1485–1496.

13- Kang S., andZhang J.2004.Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. Journal of Experimental Botany. 55 (407), 2437–2446.

14- Kirda C., Cetin M., Dasgan Y., Topcu S., Kaman H., Ekici B., Derici M.R., andOzguven A.I. 2004. Yield

response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. Agricultural Water Management. 69, 191–201.
15- Kouchaki E., and Nasiri-Mahalati M. 1992. Ecology of field crops. Jahade-Daneshgahi Mashhad (in: Farsi).
16- Lehmann J. 2003. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant andSoil 225, 319–331.
17- Loveys B.R., Grant J., Dry P.R., and McCarthy M.G. 1997. Progress in the development of partial root-zone drying. Australian journal of Grape and Wine. 403: 18-20.
18- Loveys B.R., Stoll M., and Davies W.J. 2004. Physiological approaches enhance water use efficiency in agriculture: exploiting plant signaling in novel irrigation practice. In: Bacon MA, ed. WUE Plant bio. Oxford: Blackwell Publishing, 113-141.
19- Loveys B.R. 2000. Using irrigation management to improve the water use efficiency of horticultural crops. Land Management. 1 (3), 31–33.
20- Arpaia Lu M., and Lund L.J. 2006. Nitrogen Management in Citrus under Low-Volume Irrigation. Dept. of Botany and Plant Science, UC Riverside.
21- Mars M. 1996. Pomegranate genetic resources in the Mediterranean region. In: Proc. First Mesfin Plant Genet. Res. Meeting, Tenerife, Spain, 2-4 Oct. 1995, pp. 345-354.
22- Parvizi H., Sepaskhah A.R., andAhmadi S.H. 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punicagranatum* (L.) cv. Rabab) orchard. Agricultural Water Management.146, 45–56.
23- Platt R.G. 2001. Split in navel oranges. University of California Agricultural extension, ANR Associate Editors for Environment Horticulture.
24- Shahabian M., Samar S.M., Talaie A., andEmdad M.R. 2012. Response of orange trees to deficit irrigation strategies in the north of Iran. Agronomy. Soil Science. 58 (3), 267–276.
25- Sokalska D.I., Haman D.Z., Szewczuk A., Sobota J., and Deren D.2009. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system. Agricultural Water Management. 96: 917–924.
26- Tous J., andFerguson L. 1996. Mediterranean fruits. In: Janick J, editor. Progress in new crops, 416–430. ASHS Press.
27- Unknown, 2001. Available on line at http://anrcatalog.ucdavis.edu./pdf/8038.pdf.
28- Wagdy Y.S., Dodd I.C., Bacon M.A., Grierson D., andDavies W.J. 2004. Long-distance signals regulating stomata conductance and leaf growth in tomato (*Lycopersiconesculentum*) plants subjected to partial root-zone drying. Journal of Experimental Botany. 55 (407), 2353–2363.
29- Zegbe J.A., Behboudian M.H., andClothier B.E. 2004. Partial root zone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. Agricultural Water Management. 68, 195–206.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 338-353
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۵۳-۳۳۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

# Survey the Effects of Partial Root Zone Deficit Irrigation and Deficit Irrigation on Quantitative, Qualitative and Water Use Efficiency of Pomegranate

**M. S.Tadayon[*1]- G.Moafpourian[2]**

Received: 22-02-2015
Accepted: 02-08-2016

**Introduction:** One of the latest efficient methods on increment of water use efficiency that confirmed by many scientists all over the world is deficit and alternative partial root zone deficit irrigation. In this experiment the effect of deficit and alternative partial root zone deficit irrigation on fruit yield, quality and water use efficiency of pomegranate (*Punicagranatum* (L.) cv. Zarde-anar) were investigatedin Arsenjan semi-arid region.

**Materials and Methods:** The experiment was carried out in a constant plots and randomized complete block design (RCBD) with four replicationsin five years.Treatmentswere 1- full flood irrigation (100 percent crop water requirement) (T1) 2- flood irrigation with 100 percent crop water requirement as alternate partial root-zone irrigation(every irrigation conducted on one side of tree) (T2) 3- flood irrigation with 50 percent crop water requirement as regular deficit irrigation (T3) 4- full two-side drip irrigation(with regard to crop water requirement) (eight drippers with twolit/hour flow by two different individual networks) (T4) 5- alternate partial root-zone drip irrigation with 100 percent crop water requirement (T5) 6- regular deficit drip irrigation with 50 percent crop water requirement (T6) in every irrigation period. Each experimental treatment includes four trees and 96 similar twelve years old trees overall. Cultivation practice was conducted similarly on all of the trees.

**Results and Discussion:** Results showed that the highest yield and water use efficiency based on statistical analysis belong to both PRD treatments i.e. alternate partial root-zone drip irrigation with 100 percent crop water requirement and alternate partial root-zone flood irrigation with 100 percent crop water requirement, respectively, that both of them decreased water requirement for irrigation up to 35 and 50 percent in comparison tocontrol. Application of partial root drying irrigation on both traditional flood irrigation and drip irrigation, in comparison todeficit irrigation, caused a significant increment of water use efficiency up to 78.34 and 71.4 percent than control in pomegranate trees, respectively. Reduction of water consumption caused a significant increase on pomegranate fruit set and there was a significant positive correlation between pomegranate yield and fruit set percentage. Increment of water use efficiency, fruit set percentage and yield had significant effects on fruit quality such as aril color, total soluble solid, total acid, TSS/TA and fruits peel color, so that, with decrease in water consumption, these traits were improved. Reducing water consumption caused an induction in reproductive characteristics, meanwhile reduced vegetative growth that is dominated in pomegranate trees. Under partial root drying irrigation and deficit irrigation on both traditional flood irrigation and drip irrigation, due to the differentiation in root morphology and structure by positive hydrotropism, increment of water absorption and use efficiency could be improved in consequence. Decreasing amount of water inirrigation had significant effect on fruit quality. Fruit peel thickness and cracking had significant relationship with each other and fruit cracking has affected by deficit irrigation. The highest total soluble solid to acid of fruit juice belong to regular deficit drip irrigation with 50 percent crop water requirement that caused an increment of 95.34 in comparison tocontrol. After that, alternate partial root-zone drip irrigation with 100 percent crop water requirement and flood irrigation with 100 percent crop water requirement as alternate partial root-zone irrigation caused an increment intotal soluble solid to acid ratioof fruit juice with 61.94 and 52.99 percent. The highest amount of TSS in pomegranate fruit juice belong to alternate partial root-zone drip irrigation with 100 and 50 percent crop water requirement with 20.51 and 18.01 percent increment than control treatment, respectively. Maximum amount ofacidity infruit juice belongs to full flood irrigation with 100 percent crop water requirement (control) and the minimum amount of thatbelong to regular deficit drip irrigation with 50 percent crop water requirement.

**Conclusions:** with regard to the irrigation management, the best applicable treatment for pomegranate cultivar Zarde-anar was alternate partial root-zone drip irrigation with 100 percent crop water requirement that could be recommended for the Arsenjan and same climate region. After that in the second place the alternative

1- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
(*-Corresponding Author Email: m.tadayon@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

treatment were flood irrigation with 100 percent crop water requirement as alternate partial root-zone irrigation and followed with flood irrigation with 50 percent crop water requirement as regular deficit irrigation, respectively.

**Keywords:** Alternate irrigation, Fruit quality, Pomegranate, Root drying