مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۱ صفحه‌های ۱۳ تا ۳۰ (۱۳۹۷)

مطالعه رابطه کارایی فتوسنتزی، واکنش نورشیمیایی و رشد انار در مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی متناوب ریشه[1]

Study the Relationship Between Photosynthesis Efficiency, Photochemical Reaction and Growth of Pomegranate under Deficit Irrigation and Alternate Partial Root Zone Drying

محمد سعید تدین* و غلامرضا معاف پوریان[2]

چکیده

در این پژوهش، کارایی فتوسنتزی و واکنش نورشیمیایی انار به مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی متناوب ریشه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با اعمال تیمار سامانه‌های مختلف کم آبیاری شامل آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (٪۱۰۰ نیاز آبی)، آبیاری غرقابی (٪۱۰۰ نیاز آبی) به‌صورت خشکی موضعی متناوب ریشه در هر دور آبیاری، کم‌آبیاری غرقابی (٪۵۰ نیاز آبی)، آبیاری قطره‌ای دو طرفه (٪۱۰۰ نیاز آبی)، آبیاری قطره‌ای خشکی موضعی متناوب ریشه (٪۱۰۰ نیاز آبی) و کم‌آبیاری قطره‌ای (٪۵۰ نیاز آبی) در هر دور آبیاری انجام گرفت. بیشترین شدت گلدهی، درصد تشکیل میوه، عملکرد و کارایی مصرف آب از نظر آماری به‌ترتیب مربوط به آبیاری قطره‌ای و غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب بود. آبیاری متناوب، چه در روش مرسوم یعنی آبیاری غرقابی و چه در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به کم آبیاری، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب (به‌ترتیب به مقدار ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴٪) نسبت به تیمار شاهد شد. افزایش رشد رویشی در تیمارهای آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه، از جمله قطر تنه درخت (به‌ترتیب به مقدار ۲/۶۴ و ۲/۲۱ سانتی‌متر در هر سال) و تعداد شاخه‌های فصل جاری (۴/۶۵ و ۴/۷۵ عدد به ازاء هر شاخه یکساله)، امکان اختصاص بیشتر ماده‌های ساخته شده در فرآیند فتوسنتز به رشد رویشی، که خود منجر به کاهش عملکرد می‌گردد، را سبب شده است. تیمار آبیاری قطره‌ای متناوب با کارایی فتوسنتزی، عملکرد و کارآیی مصرف آب بیشتر، در سطح منطقه پیشنهاد می گردد.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب فتوسنتزی، رشد رویشی، کارایی مصرف آب گیاه، آبیاری، انار، عملکرد.

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. بومی ایران بوده و در سایر شرایط آب و هوایی مشابه به‌عنوان درخت غیربومی مورد کشت و کار قرار گرفته است (۳۳، ۴۶). در حال حاضر استان فارس بزرگترین تولید کننده انار به مقدار ۲۶۰۱۸۰ تن در سال می باشد. در استان فارس بالغ بر ۲۵۵۳۰ هکتار باغ انار وجود دارد که بیش از ۱۲۰۵۸ هکتار آن در منطقه ارسنجان وجود دارد و رقم بومی و عمده در این منطقه زرد انار می‌باشد (۲). انار گیاهی متحمل به خشکی بوده و در مناطق خشک و نیمه خشک و حتی در شرایط بیابانی رشد می‌کند (۶). در

۱- تاریخ ارسال: ۹۶/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۹

۲- به ترتیب دانشیار و 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، پست الکترونیک: (m.tadayon@areeo.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

شرایط خشکی به‌دلیل تنش اسمزی، عدم تعادل یونی و تنش اکسیداتیو[1] رشد گیاه زیر تأثیر قرار می‌گیرد، گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما مقدار عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد (۴، ۲۵). روش‌های مختلف برای افزایش سازگاری و افزایش کارآیی مصرف آب بدون اثر معنی‌دار بر عملکرد استفاده می‌گردد. خشکی موضعی ریشه به‌عنوان یک روش کاهش آب مصرفی، اولین بار در آمریکا روی پنبه انجام پذیرفت (۱۹)، هم‌چنین آبیاری متناوب قسمتی از ریشه در کاهش آب مصرفی پنبه بسیار تأثیر گذار می‌باشد (۱۲). این روش به طور موفقیت آمیز روی سایر درختان میوه از جمله گلابی، هلو، انگور، زیتون، مرکبات و به تازگی روی انار انجام پذیرفته است (۳، ۱۵، ۲۲، ۲۳، ۳۷، ۴۲). پژوهش‌های انجام شده روی محصول‌های باغبانی مانند انگور (۲۰)، گوجه فرنگی (۲۴، ۴۷، ۴۸) و هلو (۱۷) در هر دو شرایط گلخانه ای و مزرعه ای نشان داد که آبیاری موضعی متناوب منطقه ریشه[2] باعث کاهش مصرف آب آبیاری به مقدار ۳۰ تا ۵۰٪ می‌گردد، این در حالی است که اثر معنی‌دار بر کاهش عملکرد نداشته و حتی ویژگی‌های کیفی میوه افزایش یافته است (۳۲، ۴۴). دلیل اصلی اثر مثبت خشکی موضعی متناوب ریشه، ارسال پیام خشکی خاک توسط قسمت خشک ریشه به اندام هوایی، بیشتر توسط هورمون آبسایزیک اسید و واکنش اندام هوایی از جمله بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سطح برگ می‌باشد (۵، ۲۲). کاربرد آبیاری خشکی موضعی متناوب ریشه برای افزایش کارایی مصرف آب در محصول‌های باغی مورد توجه قرار گرفته است (۱۰، ۱۶، ۳۶). این فن در درختان میوه اولین بار به منظور کاهش رشد شاخساره و افزایش ورود نور به سایه‌سار درخت مورد استفاده قرار گرفت این در حالی بود که عملکرد و کیفیت میوه دست‌خوش تغییر نشد و حتی در بعضی موارد افزایش نشان داد (۱۱). اثر کاربرد سیستم آبیاری متناوب محیط ریشه روی هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و کنترل قدرت رشد رویشی و نیز کیفیت میوه انگور در بسیاری از منابع مثبت ارزیابی شده است (۲۶، ۴۰، ۴۴). آبیاری متناوب منطقه ریشه در حالی که موجب کاهش قابل توجه مصرف آب آبیاری شده منجر به کاهش معنی دار عملکرد نمی‌شود (۲۳). عملکرد، تابعی از چگونگی توزیع سیستم ریشه در حجم گسترده‌ای از خاک، برای جذب آب و ماده‌های غذایی می‌باشد (۲۸). به عبارت دیگر گسترش سیستم ریشه به عوامل ژنتیکی و محیطی مربوط بوده که از جمله عوامل محیطی مهم می‌توان به آبگرایی[3] سیستم ریشه برای دسترسی به آب در خاک اشاره نمود (۳۹). مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی متناوب ریشه و نیز طراحی مناسب سیستم‌های آبیاری برای گسترش سیستم ریشه، به ویژه در مورد گیاهان چند ساله می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب مورد توجه قرار گیرد. افزون بر این در مورد آبیاری قطره‌ای گزارش شده است که به کارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای در مناطق خشک و نیمه خشک منجر به تجمع ریشه در زیر قطره چکان‌ها می‌شود (۱۳، ۳۹). هم‌چنین Tanasescu و Paltineanu (۴۵) مشاهده نمودند که در شرایط آبیاری قطره‌ای تعداد ریشه‌های با قطر کمتر از ۱ میلیمتر در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد. مطالعه‌ها نشان می‌دهد که مدل جذب آب توسط سیستم ریشه به قابلیت دسترسی آب در نیمرخ خاک بستگی داشته (۲۸) و توزیع آب در پروفیل خاک اهمیت بیشتر از تراکم ریشه دارد (۱۸). کارایی استفاده از آب در فرایند آلی سازی گیاه توسط کارایی مصرف آب فتوسنتزی[4] بیان می‌گردد. این شاخص قادر به پیش بینی چگونگی بهینه شدن ظرفیت فتوسنتز خالص در واحد آب برگ می‌باشد (۸). کارایی مصرف آب فتوسنتزی یک شاخص مهم در تعیین کارایی آب در رشد گیاه است (۲۷) و هم‌چنین شاخص مفید در تعیین عملکرد گیاه در ارتباط با شرایط خاکی می‌باشد (۱۴، ۲۱). کارایی مصرف آب فتوسنتزی در ارتباط با مصرف بهینه آب گیاهان است (۲۷) و بیان کننده واکنش گیاه در رقابت برای آب در شرایط خشکی[5] می‌باشد (۴۱). مهمترین و در عین حال محدود کننده‌ترین نهاده کشاورزی آب است، بنابراین چالش کمبود آب و محدودیت منابع آبی در سطح جهان موجب گردیده تا پژوهشگران راه‌کارهایی

۱- Oxidative stress
۲- Alternate partial root-zone irrigation (APRI)
۳- Hydrotropism
۴- Photosynthetic water use efficiency (PWUE)
۵- Xeric conditions

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

را برای حل این مشکل و افزایش راندمان مصرف آب در کشاورزی (مهمترین و بزرگترین مصرف کننده منابع آبی) ارائه کنند. بنابراین این آزمایش به منظور مطالعه کارایی فتوسنتزی انار در شرایط مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی متناوب ریشه و بررسی ارتباط آن با رشد، عملکرد و کارایی واقعی مصرف آب در منطقه نیمه خشک شهرستان ارسنجان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این بررسی روی درختان انار رقم زرد انار واقع در شهرستان ارسنجان به مدت ۵ سال (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴) اجرا شد. اطلاعات جغرافیایی منطقه شامل عرض جغرافیایی ۲۹/۵۶ و طول جغرافیایی ۵۳/۱۶ و ارتفاع از سطح دریا معادل ۱۷۰۳ متر می‌باشد. در بهمن ماه سال ۱۳۸۹ تعداد ۹۶ اصله درخت مشابه و یکنواخت انار با فاصله کشت ۶×۴ متر و عمر ۱۲ سال انتخاب گردید. نمونه مرکب خاک محل آزمایش از اعماق صفر تا ۳۰ ، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر تهیه و برای تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک شامل اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال، فسفر قابل جذب با روش اولسن (۳۵)، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال، کربن آلی با روش دی کرمات پتاسیم، بافت خاک با روش هیدرومتری، درصد ماده‌های خنثی شونده به روش تیتراسیون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه الکتروکانداکتومتر و pH خاک در گل اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای تعیین شد (۱). جدول‌های ۱ و ۲ نتیجه‌های تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک و آب منطقه مورد آزمایش را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که باغ مورد مطالعه دارای بافت خاک به‌نسبت سنگین بود. فراسنجه‌های هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سازمان هواشناسی واقع در منطقه تهیه شد و بر اساس آن تبخیر و تعرق مرجع در منطقه مشخص گردید. آزمایش در کرت‌های ثابت و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و اعمال تیمار سیستم‌های مختلف کم آبیاری شامل ۱- آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (۱۰۰٪ نیاز آبی[۱](ET_C)(T_1) ۲- آبیاری غرقابی (۱۰۰٪ نیاز آبی ET_C) به‌صورت خشکی موضعی متناوب ریشه[۲] در هر دور آبیاری(T_2) ۳- کم‌آبیاری غرقابی (۵۰٪ نیاز آبی ET_C)[۳] (T_3) ۴- آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه (۱۰۰٪ 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 قطره‌ای خشکی موضعی متناوب ریشه (۱۰۰٪ نیاز آبی ET_C)[۴] (T_5) و ۶- کم‌آبیاری قطره‌ای (۵۰٪ نیاز آبی ET_C)[۵] (T_6) در هر دور آبیاری انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۴ درخت و آزمایش در جمع روی ۹۶ اصله درخت ۱۲ ساله یکنواخت انار انجام شد.

دور آبیاری ثابت بوده و با توجه به نیاز آبی گیاه بر اساس کارایی آبیاری قطره‌ای ۷۰٪ و آبیاری سطحی ۴۰٪، مقدار آب آبیاری برای تیمارهای مختلف آزمایشی (کاهش مصرف آب آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه) محاسبه و با کانتور حجمی اعمال شد. در این آزمایش مقدار تغییرهای رطوبتی خاک تا ژرفای ۹۵ سانتی‌متر در فاصله پس از آبیاری و در طول فصل رشد فعال گیاه توسط نوترون متر در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. بر اساس روش موازنه آب خاک در مزرعه (۷) و هدایت هیدرولیکی خاک به روش آزمایشگاهی در زمان‌ها و اعماق مختلف یا تشریح نیم‌رخ آب خاک مقدار واقعی تبخیر و تعرق گیاه (ET_C) به‌دست آمد. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد آزمایش نیز به منظور بررسی بیلان رطوبتی خاک در سال‌های آزمایش تهیه گردید (جدول ۳).

مقدار نیاز آبی گیاه بر اساس بیلان رطوبتی، تبخیر و تعرق واقعی گیاه، مقدار آب نسبی برگ و کارایی مصرف آب گیاه بر اساس مقدار عملکرد کل در مقابل آب مصرفی گیاه محاسبه گردید. میانگین طول دوره رشد درخت انار در چهار مرحله رشدی تعیین و با استفاده از اطلاعات منطقه‌ای و محاسبه ET_0 و داده‌های به‌دست آمده از

۱- Evapotranspiration crop
۲- Alternate partial root-zone irrigation
۳- Regular deficit irrigation
۴- Alternate partial root-zone drip irrigation
۵- Regular deficit drip irrigation

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

جدول ۱- تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه خاک محل آزمایش.

Table 1. Soil physicochemical analysis of experimental site.

ژرفای 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 ماده‌های خنثی شونده Total neutralizing Value (%)	کربن آلی Organic carbon (٪)	فسفر Phosphorous mg.kg^{-1}	پتاسیم Potassium mg kg^{-1}	منیزیم Magnesium Me l^{-1}	کلسیم Calcium Me 1^{-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	Silty Clay Loam
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	Silty Clay Loam
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	Silty Clay Loam

جدول ۲- تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده .

Table 2. Chemical analysis of irrigation water used.

هدایت الکتریکی Electrical conductivity EC×10^6	پی‌اچ pH	میلی اکی والانت در لیتر						
		بیکربنات HCO_3^-	کلر Cl^-	سولفات SO_4^{2-}	مجموع آنیون‌ها Sum of anions	کلسیم+ منیزیم $Ca^{2+}+Mg^{2+}$	سدیم Na^+	مجموع کاتیون‌ها Sum of cations
710	7.6	4.4	2.9	3.1	8.2	6.1	2.2	8.3

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی (میانگین ماهیانه) دوره ده ساله به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک منطقه ارسنجان و محاسبه ET_0.

Table 3. Ten-year meteorological data (monthly average) from Synoptic Meteorological Station of Arsanjan area and calculation of ET_0.

ماه	Months	کمینه دما Min Temp °C	بیشینه دما Max Temp °C	رطوبت Humidity %	سرعت باد Wind m/s	ساعت آفتاب Sun hours	تشعشع Rad MJ m^{-2} day^{-1}	تبخیر و تعرق مرجع *ET_0 mm day^{-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

* Reference evapotranspiration.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

روش موازنه حجمی آب خاک برای تعیین تبخیر و تعرق گیاه (ETc)، ضریب گیاهی Kc در شرایط نرمال اندازه‌گیری شد و با توجه به آن مقدار ETc در طول مرحله‌های مختلف رشد درخت انار محاسبه گردید (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین مقدارهای محاسبه شده ET_C ، ET_0 و K_C برای درخت زرد انار طی فصل رشد.

Table 4. Means of calculated values of ET_C, ET_0 and K_C for yellow pomegranate tree during growing season.

مرحله رشد	طول دوره Duration (day)	ET_c (mm)	ET_0 (mm)	K_c
اولیه Initial	30	74.61	144.15	0.52
رشد سریع Development	50	182.13	289.38	0.63
میانی Mid. season	130	516.70	705.90	0.73
نهایی Late season	85.13	55.43	85.13	0.65

پس از محاسبه ضریب گیاهی انار با توجه به مقدار تبخیر و تعرق مرجع در هر سال آزمایش، در شرایط طبیعی (بدون تنش) میانگین نیاز آبی گیاه در منطقه معادل با ۷۸۳ میلی متر محاسبه گردید. دیگر ویژگی‌ها شامل عملکرد کل درخت، کارایی مصرف آب، دمای پوشش گیاهی با دماسنج فروسرخ(مدل TP7 تروتک)، مقدار آب نسبی برگ، مقدار رشد قطر تنه درخت، تعداد شاخه‌های فصل رشد جاری، باروری شاخه بر حسب تعداد جوانه‌های گل به تعداد کل جوانه‌ها روی همان شاخه، شدت گلدهی که تعداد شاخه حاوی گل به کل شاخه‌های تشکیل شده به‌دست آمد، شدت تشکیل میوه‌چه[۲] از حاصل ضرب درصد شاخه بارور در تعداد میوه‌چه در هر خوشه به‌دست آمد، درصد تشکیل میوه که از تقسیم داده‌های حاصل از شدت تشکیل میوه‌چه به شدت تشکیل گل به‌دست آمد. مصرف آب فتوسنتز (۲۹، ۹)، مقدار تبخیر و هدایت روزنه و همچنین مقدار آب برگ[۳] در برگ‌های به‌طورکامل گسترش یافته اندازه‌گیری شد (۳۴). مقدار تبادل گازی روی برگ‌های بالغ (سومین و چهارمین برگ از سر شاخه) با استفاده از دستگاه فتوسنتزسنج نوع باز سیستم تبادلی[۴] در اواسط اردیبهشت اندازه‌گیری گردید. کارایی مصرف آب فتوسنتزی بر حسب میکرومول دی اکسید کربن به میکرومول آب ($\mu molCO_2 . \mu mol^{-1}H_2O$)[1]، از تقسیم مقدار فتوسنتز خالص برگ (P_N) به مقدار تعرق برگ (E) با استفاده از داده های دستگاه فتوسنتزسنج محاسبه شد. اندازه‌گیری مقدار تعرق و مقاومت روزنه‌ای در برگ‌های به‌طورکامل گسترش یافته (شش نمونه در سطح هر تیمار) با استفاده از دستگاه پرومتر[۵] انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب داده‌های به‌دست آمده از آزمایش توسط نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام شد و معادلات رگرسیونی و ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها محاسبه و توسط نرم افزار Excel رسم گردید.

۱- Minolta Co. Japan
۲- Fruitlet intensity
۳- Leaf water content
۴- LI-6400, LI-Cor, Lincoln, Nebraska, USA
۵- Steady State Poromoter (LI-COR 1600, LI-COR, NE, USA)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

نتایج

تجزیه واریانس مرکب نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی روی مقدار عملکرد، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای، مقدار تعرق و کارایی مصرف آب فتوسنتزی انار بود. هم‌چنین اثر سال روی بعضی از ویژگی‌ها مانند عملکرد، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد. بیشترین مقدار عملکرد میوه مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب بود که به‌ترتیب موجب افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه به مقدار ۶۸/۷۷ و ۴۹/۶۵٪ شد (جدول ۵). تیمار آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه از نظر مقدار عملکرد در گروه دوم آماری قرار داشت و موجب افزایش آن به مقدار ۴۰/۸۹٪ شد. دو تیمار آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۵۰٪ 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 با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه به ترتیب موجب کاهش مصرف آب آبیاری به مقدار ۳۵ و ۵۰٪ و افزایش ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴٪ کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب درختان انار مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب بود که پس از آن تیمارهای آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی در گروه دوم آماری قرار داشتند و موجب افزایش کارایی مصرف آب به ترتیب به مقدار ۵۹/۸۹ و ۵۸/۸۶٪ نسبت به تیمار شاهد شدند. تیمار آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه نسبت به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه، موجب افزایش کارایی مصرف آب به مقدار ۴۰/۸۳٪ و کاهش مصرف آب آبیاری به مقدار ۳۰٪ شد. مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی و انتقال الکترون به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بیشترین مقدار بود و کمترین مقدار متعلق به تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی بود. بیشترین مقدار هدایت روزنه ای مربوط به تیمار آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه بود و پس از آن تفاوت معنی‌دار بین تیمار شاهد با تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب، آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی وجود نداشت. کمترین مقدار هدایت روزنه‌ای مربوط به تیمار آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی بود (جدول ۵).

برخلاف کاهش معنی‌دار مصرف آب در تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری، نسبت به تیمار شاهد، کاهش مقدار تعرق در این دو تیمار، در گروه دوم آماری قرار داشت. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های دمای پوشش گیاهی، مقدار نسبی آب برگ، تغییرهای قطر تنه، تعداد شاخه فصل جاری، شدت گلدهی و درصد میوه‌بندی انار بود. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که بیشترین دمای پوشش گیاهی درخت انار به‌ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی بود که در یک گروه آماری قرار داشتند و نسبت به دمای پوشش گیاهی تیمار شاهد به ترتیب به مقدار ۲۷/۶ و ۲۹/۴٪ افزایش نشان داد. پس از آن تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه، آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب در گروه آماری بعد قرار داشتند که موجب افزایش دمای سطح پوشش درخت انار شدند و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. بیشترین مقدار آب نسبی برگ مربوط به تیمار آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بود و پس از آن تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی بیشترین مقدار آب نسبی برگ را به خود اختصاص دادند و در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار نسبی آب برگ مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ انار در شرایط مختلف آبیاری.

Table 5- Mean comparison of yield and pomegranate leaf physiological parameters under different irrigation conditions.

تیمارهای آزمایشی		عملکرد Fruit yield (kg tree^{-1})	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg m^{-3})	تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthetically active radiation (µmol m^{-2} s^{-1})	مقدار انتقال الکترون Electron transfer rate (µmol m^{-2}s^{-1})	تعرق Transpiration (µmol m^{-2}s^{-1})	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency (µmolCO2)/ (µmolH2O)	هدایت روزنه ای Stomatal conductance (µmol m^{-2}s^{-1})
آبیاری کامل غرقابی شاهد عرف منطقه (با توجه به نیاز آبی گیاه) (Full flood irrigation control)	T 1	75.61d	9.65e	823b	196.78b	3.89a	0.028ab	0.16b
آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب (Alternate partial root-zone irrigation)	T 2	113.15ab	16.54ab	812bc	134.06c	3.27b	0.024c	0.13bc
کم آبیاری غرقابی با ۵۰ %نیاز آبی (Regular deficit irrigation)	T 3	86.25cd	15.33c	777d	112.60d	2.95c	0.018cd	0.12c
آبیاری کامل قطره ای دو طرفه(با توجه به نیاز آبی گیاه) (Full drip irrigation control)	T 4	106.53b	13.59d	858a	251.35a	3.69ab	0.03a	0.19a
آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی (Alternate partial root-zone drip irrigation)	T 5	127.61a	17.21a	820b	188.42b	3.25b	0.027b	0.15b
کم آبیاری قطره ای با ۵۰٪ نیاز آبی (Regular deficit drip irrigation)	T 6	86.49cd	15.43c	806c	130.30c	2.82c	0.021cd	0.14bc

Numbers followed by the same letter have no any significant different according to Duncans new multiple range tests at ($P \leqslant 0.05$)

عددها با حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی بود. بیشترین افزایش قطر تنه درخت مربوط به تیمار شاهد یعنی آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بود و پس از آن آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه بیشترین افزایش قطر تنه را به خود اختصاص داد. افزایش قطر تنه در تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی در گروه سوم آماری قرار داشتند و اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر نشان ندادند. کمترین مقدار افزایش قطر تنه درخت انار نیز مربوط به تیمارهای آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی بود. بیشترین تعداد شاخه‌های فصل جاری تشکیل شده روی شاخه‌های یک‌ساله مربوط به تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بود که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند و کمترین تعداد شاخه‌های فصل جاری روی شاخه‌های یک‌ساله مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی بود.

بیشترین شدت گلدهی انار نسبت به تیمار آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه به‌ترتیب متعلق به تیمارهای آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی بود. تیمارهای آبیاری غرقابی با ۵۰٪ نیاز آبی، آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب به ترتیب در گروه دوم آماری قرار داشتند و موجب افزایش شدت گلدهی نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین درصد تشکیل میوه مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به صورت متناوب بود که در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه از نظر درصد تشکیل میوه در گروه دوم آماری قرار داشت. که این مسأله نشان دهنده اهمیت آبیاری متناوب در تشکیل میوه انار می‌باشد (جدول ۶). در تیمار آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب اگرچه شدت گلدهی نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد اما درصد میوه‌بندی افزایش معنی‌دار داشت که از اهمیت بیشتری در تشکیل میوه و عملکرد برخوردار است. به‌دلیل بهبود شدت گل‌دهی و درصد میوه‌بندی، مقدار عملکرد درخت تغییر معنی‌دار نداشت. جدول همبستگی بین ویژگی‌ها اندازه گیری شده نشان داد که ارتباط منفی افزایش تعداد شاخه‌های فصل جاری با عملکرد و کارایی مصرف آب وجود دارد و از سوی دیگر ارتباط معنی‌دار بین افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش تعداد شاخه‌های فصل جاری در انار وجود دارد (جدول ۷).

بحث

با توجه به نتیجه‌های این پژوهش،کاربرد آبیاری متناوب PRD[۱]چه در روش مرسوم یعنی آبیاری غرقابی و چه در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به کم آبیاری DI[۲]، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در درختان انار شد. 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. در پژوهشی Kang و Zhang (۲۳) اثر خشکی متناوب بخشی از ریشه (PRD) را روی درختان هلو با استفاده از آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که این تیمار موجب کاهش مصرف آب آبیاری خالص به مقدار ۲۳٪ شد. بیشترین مقدار تعرق و کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ مربوط به تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بود که از این نظر اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند اما با توجه به بالا بودن مقدار رشد رویشی در این تیمارها، به‌احتمال بیشتر ماده‌های غذایی ساخته شده در فرایند فتوسنتز صرف افزایش رشد رویشی شده و تعادل مناسب بین رشد رویشی و زایشی، که خود منجر به کاهش مقدار عملکرد می‌شود، وجود ندارد. این مسئله در انار بر خلاف نظر Loveys (۳۱) می‌باشد که کاربرد فن خشکی موضعی بخشی از ریشه (PRD) را موجب کمتر شدن میانگین

۱- Partial root zoon deficit irrigation ۲- Deficit irrigation

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

جدول ۶- مقایسه میانگین ویژگی‌های بیولوژیکی انار در شرایط مختلف آبیاری .

Table 6. Mean comparison of biological parameters of pomegranate under different irrigation conditions.

تیمارهای آزمایشی		دمای سایه‌سار Canopy temperature (°C)	مقدار نسبی آب برگ Leaf relative water content (%)	قطر تنه Trunk diameter (dm)	تعداد شاخه فصل جاری No. of Current season growth	شدت گلدهی Flower intensity (%)	درصد تشکیل میوه Fruit set (%)
آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه (با توجه به نیاز آبی گیاه) (Full flood irrigation control)	T 1	16.3d	72.42a	2.64a	4.65ab	28.54d	2.28e
آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب (Alternate partial root-zone irrigation)	T 2	18.6c	58.6c	1.85c	3.84cd	38.97cd	4.85ab
کم‌آبیاری غرقابی با ۵۰ %نیاز آبی (Regular deficit irrigation)	T 3	19.1c	66.4b	1.52d	4.15c	45.6c	4.13cd
آبیاری کامل قطره ای دو طرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) (Full drip irrigation control)	T 4	18.6c	65.4b	2.21b	4.75a	43.1c	3.89d
آبیاری قطره ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی (Alternate partial root-zone drip irrigation)	T 5	20.8ab	51.8d	1.76c	3.59e	58.7a	5.27a
کم‌آبیاری قطره ای با ۵۰٪ نیاز آبی (Regular deficit drip irrigation)	T 6	21.1a	53.6d	1.57d	3.67de	51.6ab	4.67b

Numbers followed by the same letter have no any significant different according to Duncans new multiple range tests at ($P \leqslant 0.05$)

عددها با حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های آزمایشی.

Table 7. Correlation coefficients between experimental characteristics.

ویژگی‌های آزمایشی Experimental traits	عملکرد Fruit yield (kg tree^{-1})	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg m^{-3})	تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthetically active radiation (µmol m^{-2}s^{-1})	مقدار انتقال الکترون Electron transfer rate (µmol m^{-2}s^{-1})	تعرق Transpiration (µmol m^{-2}s^{-1})	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency	هدایت روزنه ای Stomatal conductance (µmol m^{-2}s^{-1})	دمای سایه‌سار پوشش Canopy temperature (°C)	مقدار نسبی آب برگ Leaf relative water content (%)	قطر تنه Trunk diameter (dm)	تعداد شاخه فصل جاری No. of Current season growth	شدت گلدهی Flower intensity (%)	درصد تشکیل میوه Fruit set (%)
عملکرد Fruit yield (kg.tree^{-1})	1.000												
کارایی مصرف آب Water Use Efficiency (kg.m^{-3})	0.708**	1.000											
تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthesis Active Radiation (µ.mol.m^{-2}.s^{-1})	0.321	-0.309	1.000										
مقدار انتقال الکترون Electron transfer rate (µ.mol.m^{-2}.s^{-1})	0.238	-0.433*	0.933**	1.000									
تعرق Transpiration (µ.mol.m^{-2}.s^{-1})	-0.056	-0.736**	0.714**	0.799**	1.000								
کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthesis Efficiency	0.336	-0.403	0.929**	0.935**	0.855**	1.000							
هدایت روزنه ای Stomatal conductance (µ.mol.m^{-2}.s^{-1})	0.120	-0.468*	0.948**	0.972**	0.730**	0.880**	1.000						
دمای پوشش گیاهی Canopy temperature (°C)	0.455*	0.818**	-0.225	-0.318	-0.797**	-0.379	-0.268	1.000					
مقدار نسبی آب برگ Leaf relative water content (%)	-0.641**	-0.837**	0.095	0.268	0.639**	0.179	0.254	-0.903**	1.000				
قطر تنه Trunk diameter (dm)	-0.255	-0.854**	0.638**	0.705**	0.967**	0.778**	0.673**	-0.830**	0.672**	1.000			
تعداد شاخه فصل جاری No. Current season growth	-0.439*	-0.814**	0.496*	0.625**	0.776**	0.488*	0.640**	-0.797**	0.894**	0.765**	1.000		
شدت گلدهی Flower intensity (%)	0.574*	0.799**	-0.150	-0.156	-0.665**	-0.242	-0.163	0.953**	-0.843**	-0.751**	-0.714**	1.000	
درصد تشکیل میوه Fruit set (%)	0.744**	0.985**	-0.192	-0.342	-0.699**	-0.302	-0.361	0.864**	-0.907**	-0.808**	-0.828**	0.837**	1.000

*and ** significant in 5 and 1 statistical levels respectively.

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱٪ آماری.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

هدایت روزنه‌ای در گیاهان نسبت به گیاهان با آب کافی، دانست. در پژوهش حاضر، ارتباطی بین کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب فتوسنتزی مشاهده نشد (جدول ۷). افزایش کارایی مصرف آب ارتباط منفی با کاهش هدایت روزنه‌ای داشت و افزایش هدایت روزنه‌ای موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب فتوسنتزی شد (جدول ۱۰). افزایش کارایی مصرف آب به‌احتمال ارتباط بیشتری با کارایی جذب آب توسط سیستم ریشه دارد. این مسئله می‌تواند در ارتباط با اثرهای کم آبیاری و آبیاری متناوب روی سیستم ریشه انار باشد. در پژوهشی Sokalska و همکاران (۴۳) در بررسی ارتباط بین سیستم ریشه و مقدار عملکرد درختان سیب، نشان دادند که در شرایط کم آبیاری (آبیاری اقتصادی) در سه سال متوالی بیشترین مقدار عملکرد به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، بهترین تیمار از نظر شاخص‌های فتوسنتزی انار، آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) بود. پس از آن تیمارهای شاهد و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری قرار داشت که با توجه به افزایش معنی‌دار عملکرد و کارآیی مصرف آب در این تیمار در مقایسه با تیمار آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه (با توجه به نیاز آبی گیاه) و تیمارهای کم آبیاری، از اهمیت و امتیاز بالاتری برخوردار است. در آزمایش Parvizi و همکاران(۳۸) نشان دادند که اگرچه در هر دو روش PRD و DI به یک مقدار آب آبیاری مصرف شد اما در روش PRD فتوسنتز خالص و تعرق بیشتر از روش DI بوده و کارایی مصرف آب در PRD به مراتب بیشتر از روش DI برای درختان انار رقم رباب بود. قطر تنه و تعداد شاخه فصل جاری در دو تیمار آبیاری قطره‌ای با ۵۰٪ مقدار آب آبیاری و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری کاهش یافته، اما شدت گلدهی و درصد میوه‌بندی افزایش نشان داد، این مسئله به‌دلیل کاهش رشد رویشی و در نتیجه افزایش رشد زایشی در مدت زمان انجام آزمایش بود. Dry و Loveys (۱۱) مشاهده کردند که در روش آبیاری خشکی موضعی ریشه، رشد اندام‌های هوایی و هدایت روزنه‌ای درختان انگور کاهش می‌یابد اما پس از چند سال، به مقدار پیش از تیمار بر می‌گردد. همانگونه که در جدول همبستگی بین ویژگی‌ها مشاهده می گردد، مقدار عملکرد ارتباط معنی‌دار و مثبت با شدت گلدهی و درصد میوه‌بندی در درختان انار داشت (جدول ۷).

این نتیجه‌ها منطبق بر نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمایش‌های Parvizi و همکاران (۳۷) می‌باشد. این پژوهشگران در آزمایش خود نشان دادند عملکرد کل درخت بیشتر تابع تعداد میوه بوده و وضعیت میوه‌بندی تأثیر به سزایی روی عملکرد دارد. در پژوهش هایی Loveys و همکاران (۳۰، ۳۱) گزارش کردند که کاربرد PRD موجب کاهش زیست‌توده کل شده اما به‌دلیل بهبود شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی کم نمی‌شود. در پژوهش حاضر، دو تیمار آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی از این ویژگی برخوردار بودند. بررسی همبستگی (جدول ۷) بین ویژگی‌ها نشان داد که افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب، رابطه مستقیم و معنی‌داری با شدت گلدهی و درصد میوه‌بندی در انار داشت. بهبود شاخص‌های فتوسنتزی زیر تأثیر تیمارهای آزمایش موجب بهبود شاخص‌های رشد رویشی در انار شد که ارتباط معنی‌دار منفی با مقدار عملکرد و کارایی مصرف آب در انار دارد. شدت گلدهی ارتباط معنی‌دار با افزایش درصد میوه بندی در انار داشت (جدول ۷). محاسبه و بررسی رگرسیونی بین ویژگی‌ها نشان داد که عملکرد انار رقم زرد انار ارتباط مستقیم با درصد میوه‌بندی داشت، با توجه به شکل ۱ مشاهده شد که عملکرد انار با افزایش درصد میوه‌بندی افزایش یافت. مهمترین عامل تأثیر گذار روی درصد میوه‌بندی، شدت گلدهی و دمای پوشش گیاهی بود (جدول ۷).

نتیجه‌های آزمایش نشان داد که بالاترین کارایی فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای برگ مربوط به تیمارهای آبیاری کامل قطره‌ای دو طرفه و آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه بود که رابطه معنی‌داری با مقدار عملکرد و کارایی مصرف آب در انار نداشت. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که افزایش کارایی مصرف آب ارتباط کمتری با کاهش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

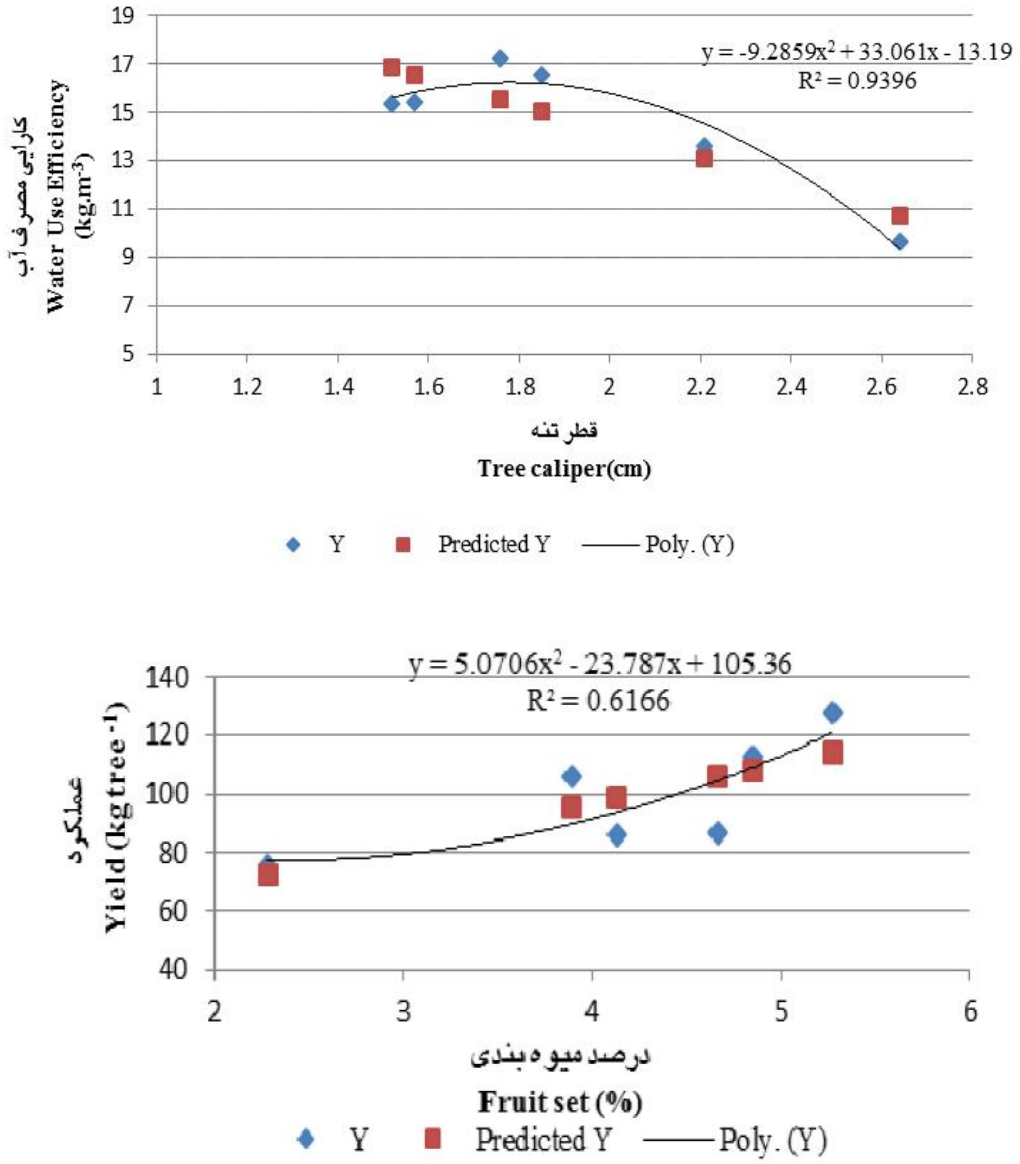

Fig. 1. Regression trend between yield and fruit set percentage of Zarde-anar pomegranate.

شکل ۱- برازش رگرسیونی بین ویژگی‌های عملکرد و درصد میوه بندی زرد انار.

هدایت روزنه‌ای و ارتباط بیشتری با کارایی جذب آب توسط گسترش و افزایش تراکم سیستم ریشه در انار دارد. بررسی گسترش سیستم ریشه زیر تأثیر کم آبیاری و آبیاری متناوب می‌تواند در این زمینه کمک نماید. با توجه به افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد و کمترین تغییر شاخص‌های فتوسنتزی در دو تیمار PRD یعنی آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری نسبت به شاهد و سایر تیمارهای آزمایش، این دو تیمار در سطح منطقه برای باغ‌های انار قابل پیشنهاد می باشد. بالا بودن مقدار رشد رویشی در تیمارهای آبیاری کامل غرقابی عرف منطقه و آبیاری کامل قطره ای دو طرفه، مانند قطر تنه و تعداد شاخه‌های فصل جاری، امکان اختصاص بیشتر ماده‌های ساخته شده در فرآیند فتوسنتز به رشد رویشی و کاهش عملکرد را سبب می گردد. تیمارهای آبیاری غرقابی با ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه به‌صورت متناوب و آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری، با کاهش رشد رویشی و افزایش رشد زایشی نسبت به تیمار شاهد، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در درختان انار شدند (شکل ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

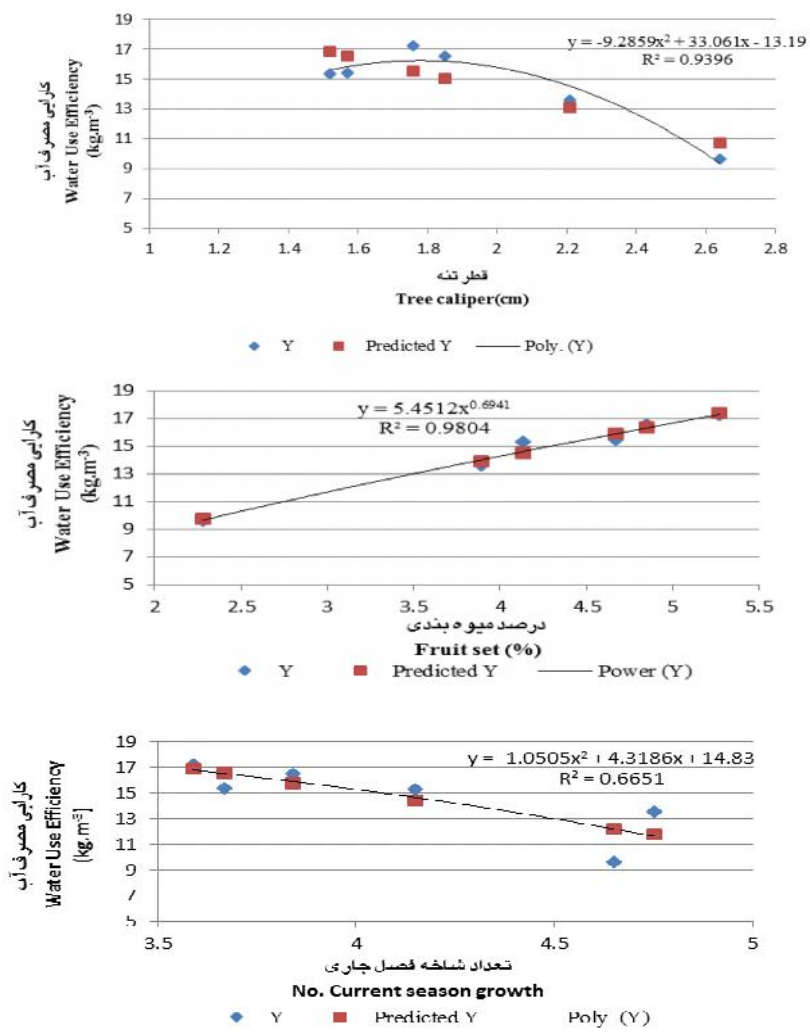

Fig. 2. Regression trend between water use efficiency and tree diameter, fruit set percentage and No. current season of Zarde-anar pomegranate.

شکل ۲- برازش رگرسیونی بین ویژگی‌های کارایی مصرف آب و قطر تنه، درصد میوه بندی و تعداد شاخه فصل جاری زرد انار.

کاربرد آبیاری متناوب PRD چه در روش مرسوم یعنی آبیاری غرقابی و چه در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به کم آبیاری DI، موجب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در درختان انار شد. از نظر مدیریت آبیاری بهترین تیمار کاربرد آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ مقدار آب آبیاری برای درخت انار رقم زرد انار بود و کاربرد این تیمار از این نظر پیشنهاد می‌گردد، این تیمار موجب کاهش آب مصرفی به مقدار ۵۰٪ می‌شود. هم‌چنین با توجه به بالاتر بودن نسبی کارایی فتوسنتزی و نیز افزایش معنی‌دار عملکرد و کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای متناوب با ۱۰۰٪ نیاز آبی، کاربرد این تیمار در سطح منطقه پیشنهاد می‌شود.

منابع References

۱. احیایی، ع.، م. بهبهانی زاده و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک وآب. ۸۹ ص.

۲. آمارنامه استان فارس. ۱۳۹۱. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس، معاونت آمار و انفورماتیک. ۲۶۷ ص.

۳. کوچکی، ا. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۱. اکولوژی محصولات زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۸ ص.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

۴. میری، ح.ر. ۱۳۸۷. بیولوژی کارآیی مصرف آب در گیاه. انتشارات نوید شیراز. ۵۲۲ ص.

5. Abrisqueta, J. M., O. Mounzer, S. Alvarez, W. Conejero, Y. Garcia-Orellana, L.M. Tapia, J. Vera, I. Abrisqueta and M.C. Ruiz-Sanchez. 2008. Root dynamics of peach trees submitted to partial root zone drying and continuous deficit irrigation. Agr. Water Manag. 95:959–967.
6. Ahmadi, S.H., M.N. Andersen, F. Plauborg, R.T. Poulsen, C.R. Jensen, A.R. Sepaskhah and S. Hansen. 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: gas exchange and xylem [ABA]. Agr. Water Manag. 97:1486–1494.
7. Aseri, G.K., N. Jain, J. Panwar, A.V. Rao and P.R. Meghwal. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, and metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Sci. Hort. 117(2):130–135.
8. Bonfil, D.J., I. Mufradi, S. Klitman and S. Asido. 1999. Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment. Agron. J. 91:(3)368-373.
9. Castellanos, A. E., M. J. Martinez, J. M. Llanoa, W. L. Halvorson, M. Espiricueta and I. Espejel. 2005. Successional trends in Sonoran Desert abandoned agricultural fields in Northern Mexico. J. Arid Environ. 60:437-455.
10. Costantini, E., L. Landi, O. Silvestroni, T. Pandolfini, A. Spena, and B. Mezzetti. 2007. Auxin Synthesis-Encoding Transgene Enhances Grape Fecundity**.** Plant Physiol.143(4):1689–1694.
11. Dos Santos, T.P., C.M. Lopes, M.L. Rodrigues, C.R. Souza, J.P. Maroco, J.S. Pereira, J.R. Silva and M.M. Chaves. 2003. Partial root-zone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). Funct. Plant Biol. 30 (6):663–671.
12. Dry, P.R., and B.R. Loveys. 1999. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. Vitis, 38:151-156.
13. Du, T., S. Kang, J. Zhang, F. Li and X. Hu. 2006. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. Agr. Water Manag. 84:41 – 52.
14. Fernandez, J.E., F. Moreno, F. Cabrera, J.L. Arrue and J. Martinandra. 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of oil trees. Plant Soil. 133:239–251.
15. Funk, J. L. and P. M. Vitousek. 2007. Resource-use efficiency and plant invasion in low resource systems. Nature, 446:1079-1081.
16. Ghrab, M., K. Gargouri, H. Bentaher, K. Chartzoulakis, M. Ayadi, M. Ben Mimoun, M.M. Masmoudi, N. Ben Mechlia and G. Psarras. 2013. Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. Agr. Water Manage. 123:1–11.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

17.Goldhamer, D.A., M. Viveros and M. Salinas. 2006. Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. Irrig. Sci. 24:101–114.
18.Gong, D., S. Kang, L. Tong and R. Ding. 2004. Effects of root-divided alternative irrigation on soil moisture distribution and root– trunk sap flow dynamics of peach trees. J. Hydraulic Eng. 35(10):120–127 (in Chinese with English abstract).
19.Gong, D., S. Kang, L. Zhang, T. Du and L. Yao. 2006. A two-dimensional model of rootwater uptake for single apple tree and its verification with sap flow and soil water content measurements. Agr. Water Manag. 83, 119–129.
20.Grimes, D.W., V.T. Walhood and W.L. Dickens. 1968. Alternate furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. Calif. Agr. 22 (5):4–6.
21.Gu, S.L., Z. David, G. Simon and J. Greg. 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. California Agricultural Technology Institute, California State University, Fresno. pp. 164.
22.Huang, Z., Z. Xu, T. J. Blumfield and K. Bubb. 2008. Effect of mulching on growth, foliar photosynthetic nitrogen and water use efficiency of hardwood plantation in subtropical Australia. Forest. Ecol. Manag. 225:3447-3454.
23.Hutton, R.J. and B.R. Loveys. 2011. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus effects on water use efficiency and fruit characteristics. Agr. Water Manage. 98:1485–1496.
24.Kang, S. and J. Zhang. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. J. Exp. Bot. 55 (407):2437–2446.
25.Kirda, C., M. Cetin, Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, B. Ekici, M.R. Derici and A.I. Ozguven. 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. Agr. Water Manag. 69:191–201.
26.Kriedemann, P.E., I. Goodwin. 2003. Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying. An overview of principles and applications. Irrigation Insights No. 3. Land Water, Australia. pp. 321.
27.Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology: Eco physiology and stress physiology of functional groups. 4th Ed., Springer, Berlin. pp.367.
28.Lehmann, J. 2003. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant Soil. 225:319–331.
29.Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthesis bio membranes. Meth. Enzyo. (148):650-682.
30.Loveys, B.R., J. Grant, P.R. Dry, and M.G. McCarthy .1997. Progress in the development of partial root zone drying. Aust. Grapegr. Wine. 403: 18-20.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

31. Loveys, B.R., M. Stoll, and W.J. Davies. 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 pp.
32. Loveys, B.R., 2000. Using irrigation management to improve the water use efficiency of horticultural crops. Land Manage. 1 (3):31–33.
33. Mars, M. 1996. Pomegranate genetic resources in the Mediterranean region. In: In: Proc. First Mesfin Plant Genet. Res. Meeting, Tenerife, Spain, 2-4 Oct. 1995, pp. 345-354.
34. Maxwell K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. J. Exp. Bot. 51:659-668.
35. McCarthy, M.G., B.R. Loveys and P.R. Dry. 2000. Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: Deficit irrigation practices. Water Reports Publication no. 22. FAO, Rome, pp. 79–87.
36. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR, (eds). Methods of Soil Analysis, 2nd ed. Part 2. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI.
37. Parvizi, H., A.R. Sepaskhah and S.H. Ahmadi. 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) orchard. Agr. Water Manag. 146:45–56.
38. Parvizi, H., A.R. Sepaskhah and S.H. Ahmadi. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* L.) cv. Rabab under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agr. Water Manag. 163:146–158.
39. Ruiz-Sanchez, M.C., V. Plana, M.F. Fortuno, L.M. Tapia and J.M. Abrisqueta. 2005. Spatial root distribution of apricot trees in different soil tillage practices. Plant Soil. 272:211–221.
40. Santos, T.P., C.M. Lopes, M.L. Rodrı´gues, C.R. de Souza, J.M. Ricardo-Da-Silva and J.P. Maroco. 2005. Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grow Castela˜o grapevines. Vitis, 44:117–125.
41. Schulze, E. D., E. Back and K. Müller Hohenstein. 2005. Plant Ecology. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 684.
42. Shahabian, M., S.M. Samar, A. Talaie and M.R. Emdad. 2012. Response of orange trees to deficit irrigation strategies in the north of Iran. Arch. Agron. Soil Sci. 58 (3):267–276.
43. Sokalska D.I., D.Z. Haman, A. Szewczuk, J. Sobota and D. Deren. 2009. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system. Agr. Water Manag. 96:917–924.
44. Stoll, M., B.R. Loveys, P.R. Dry. 2000. Hormonal changes induced by partial root-zone drying of irrigated grapevine. J. Exp. Bot. 51 (350):1627–1634.
45. Tanasescu, N. and C. Paltineanu. 2004. Root distribution of apple tree under various irrigation systems within the hilly region of Romania. Int. Agrophy.18:175–180.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

46. Tous J. and L. Ferguson. 1996. Mediterranean fruits. In: Janick J, editor. Progress in new crops, 416–430. ASHS Press.
47. Wagdy, Y.S., I.C. Dodd, M.A. Bacon, D. Grierson and W.J. 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. 55 (407), 2353–2363.
48. Zegbe, J.A., M.H. Behboudian and B.E. Clothier. 2004. Partial root zone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. Agr. Water Manag. 68:195–206.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (1): 13-30 (2018)

Study the Relationship Between Photosynthesis Efficiency, Photochemical Reaction and Growth of Pomegranate under Deficit Irrigation and Alternate Partial Root Zone Drying

M.S. Tadayon[*] and G.R. Moafpourian[1]

In this experiment the photosynthetic water use efficiency and photochemical reaction of pomegranate to deficit and alternate partial root zone drying irrigation were investigated. The experiment was carried out in a randomized complete block design (RCBD) with treatments including 1- full flood irrigation (with regard to crop water requirement) (T1) 2- flood irrigation with 100% of crop water requirement as alternate partial root-zone irrigation (T2) 3- flood irrigation with 50% of crop water requirement as regulated deficit irrigation (T3) 4- full two- side drip irrigation (with regard to crop water requirement) (eight drippers with 2 L/h flow by two different individual network) (T4) 5- alternate partial root-zone drip irrigation with 100% of crop water requirement (T5) 6- regulated deficit drip irrigation with 50% of crop water requirement (T6) in every irrigation period. The highest flower intensity, fruit set, yield and water use efficiency based on statistical analysis were belong to both PRD treatments i.e. alternate partial root-zone drip irrigation with 100% of crop water requirement and alternate partial root-zone flood irrigation with 100% crop water requirement, respectively. Partial root drying irrigation in both traditional flood irrigation and drip irrigation systems caused a significant increment of water use efficiency in pomegranate trees (up to 78.34 and 71.4%) in comparison with control. Increment of vegetative growth under full two-side drip irrigation and full flood irrigation treatments i.e. tree diameter (by 2.64 and 2.21 cm per year) and number of current season shoots (to 4.65 and 4.75 on one-year-old branches), showed the allocation of more photosynthetic material to vegetative growth that could reduce the yield and in consequence water use efficiency in pomegranate. Because of higher photosynthesis efficiency, yield and water use efficiency in alternate partial root-zone drip irrigation, it application is recommended for the region.

Keywords: Irrigation, Photosynthetic water use efficiency, Pomegranate, Vegetative growth, Water use efficiency, Yield.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.1.1]

1. Associate and Assistant Professors of Soil and Water Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (m.tadayon@areeo.ac.ir).