بررسی کارایی فتوسنتزی و عکس العمل فتوشیمیایی انار به کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه

محمد سعید تدین و غلامرضا معاف پوریان
اعضاء هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

آزمایش بین سال های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ با اعمال تیمار سیستم های مختلف کم آبیاری شامل - آبیاری غرقابی عرف منطقه - آبیاری غرقابی متناوب (خشکی موضعی ریشه) – کم آبیاری غرقابی (۵۰ درصد ET_C) - آبیاری کامل قطره ای - آبیاری قطره ای متناوب و – کم آبیاری قطره ای (۵۰ درصد ET_C)، در هر دور آبیاری انجام گرفت. نتایج نشان داد که تغییرات شاخص های فتوسنتزی و فرایند آلی سازی به ویژه کارایی مصرف آب فتوسنتزی به ترتیب در دو تیمار خشکی موضعی ریشه یعنی آبیاری غرقابی متناوب و آبیاری قطره ای متناوب نسبت به سایر تیمارهای آزمایش، حداقل بود. آبیاری قطره ای و غرقاب متناوب (خشکی موضعی ریشه) نسبت به کم آبیاری قطره ای و غرقاب، موجب افزایش معنی دار کارایی مصرف آب فتوسنتزی به ترتیب به میزان ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴ درصد شد. به دلیل بالاتر بودن فتوسنتزخالص و و کارآیی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار آبیاری قطره ای متناوب (خشکی موضعی ریشه)، کاربرد این تیمار در سطح منطقه قابل توصیه می باشد.

واژه های کلیدی: انار، خشکی متناوب موضعی ریشه، کم آبیاری، کارایی فتوسنتزی

مقدمه

انار *Punica granatum* L. به دلیل تحمل در برابر گرما، مقاوم به خشکی بوده و در مناطق خشک و نیمه خشک و حتی در شرایط بیابانی رشد می کند (Aseri et al. 2008). در شرایط خشکی به دلیل تنش اسمزی، عدم تعادل یونی و تنش اکسیداتیو۱، رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد، گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما میزان عملکرد آن به شدت کاهش می یابد (Kouchaki and Nasiri Mahalati, 1992). روش های مختلف برای افزایش سازگاری و افزایش کارآیی مصرف آب بدون اثر معنی دار بر کاهش عملکرد استفاده می گردد. سیستم های آبیاری موضعی و متناوب محیط ریشه۲ (خشکی موضعی ریشه) برای افزایش کارآیی مصرف آب به عنوان یک روش کاهش آب مصرفی اولین بار در آمریکا بر روی پنبه انجام پذیرفت (Grimes et al., 1968). دلیل اصلی اثر مثبت خشکی موضعی ریشه، ارسال سیگنال خشکی خاک توسط قسمت خشک ریشه به اندام هوایی، عمدتاً توسط هورمون آبسایزیک اسید، و عکس العمل اندام هوایی از جمله بسته شدن روزنه ها و کاهش سطح برگ می باشد(Hutton and Loveys, 2011 ؛ Ahmadi et al., 2015). عملکرد تابعی از چگونگی توزیع سیستم ریشه در حجم وسیعی از خاک، جهت جذب آب و مواد غذایی می باشد(Lehmann, 2003). به عبارت دیگر توسعه سیستم ریشه به عوامل ژنتیکی و محیطی مربوط بوده که از جمله عوامل محیطی مهم می توان به آبگرایی۳ سیستم ریشه برای دسترسی به آب در خاک اشاره نمود (Ruiz-Sanchez et al., 2005). کارایی استفاده از آب در فرایند آلی سازی گیاه توسط کارایی مصرف آب فتوسنتزی۴ بیان می گردد. این شاخص قادر به پیش بینی چگونگی بهینه شدن ظرفیت فتوسنتز خالص در واحد آب برگ می باشد (Castellanos et al., 2005). کارایی مصرف آب فتوسنتزی بیان کننده عکس العمل گیاه در رقابت برای آب در شرایط خشکی۵ می باشد (Schulze et al., 2005). این آزمایش با هدف کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش کارایی

1- Oxidative stress
2- Alternate partial root-zone irrigation
3- Hydrotropism
4- Photosynthetic water use efficiency (PWUE)
5- Xeric conditions

مصرف آب و به منظور مطالعه کارایی فتوسنتزی و عکس العمل فتوشیمیایی انار به مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه در منطقه نیمه خشک شهرستان ارسنجان به مورد اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی درختان انار (*Punica granatum* L. cv. zardeanar) در منطقه نیمه خشک شهرستان ارسنجان بین سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ به مدت ۵ سال اجرا گردید. درختان 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 خواص فیزیکوشیمیایی آن تعیین شد(۱) (جدول ۱). خاک باغ مورد مطالعه عمیق با بافت خاک نسبتاً سنگین بود. آزمایش در کرت های ثابت و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار و اعمال تیمار سیستم های مختلف کم آبیاری شامل ۱- آبیاری غرقابی عرف منطقه (T_1) ۲- آبیاری غرقابی متناوب (خشکی موضعی ریشه) (T_2)[۶] ۳- کم آبیاری غرقابی (۵۰ درصد ET_C) (T_3)[۷] ۴- آبیاری کامل قطره ای (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[۸] (T_5) و ۶- کم آبیاری قطره ای (۵۰ درصد ET_C)[۹] (T_6)، در هر دور آبیاری انجام گرفت. هر تیمار آزمایشی شامل ۴ درخت و آزمایش جمعاً برروی ۹۶ اصله درخت یکنواخت انار انجام شد.

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه خاک در محل آزمایش

عمق خاک (cm)	هدایت الکتریکی dS. m-1	pH	کل مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (٪)	فسفر mg.kg-1	پتاسیم mg.kg-1	منیزیم me.l-1	کلسیم me.1-1
0-30	1.86	8.3	39	1.65	1.2	426	19	24
30-60	1.56	8.1	42	1.60	0.9	412	18	26
60-90	1.52	8.1	42	1.36	0.9	386	18	24

عمق خاک (cm)	جرم ویژه ظاهری ($g.cm^{-3}$)	جرم ویژه حقیقی ($g.cm^{-3}$)	ظرفیت مزرعه (%)	نقطه پژمردگی دائم(%)	مقدار آب قابل دسترس (%)	بافت خاک
0-30	1.42	2.56	41.5	17.4	12	Silty ClayLoam
30-60	1.42	2.58	40.5	16.8	11.8	Silty ClayLoam
60-90	1.40	2.52	40.4	16.8	11.8	Silty ClayLoam

دور آبیاری ثابت و با توجه به نیاز آبی گیاه اعمال گردید. میانگین طول دوره رشد درخت انار در چهار مرحله رشد تعیین و با استفاده از اطلاعات منطقه ای میزان ETc در طول مراحل مختلف رشد درخت انار تعیین گردید (جدول ۲).

جدول شماره ۲- میانگین مقادیر محاسبه شده ETc ، ET0 و Kc درخت زرد انار طی فصل رشد

مرحله رشد	طول دوره Duration (day)	(mm) ETc	(mm) ET0	Kc
اولیه Initial	30	74.61	144.15	0.52
توسعه Development	50	182.13	289.38	0.63
میانی Mid. season	130	516.70	705.90	0.73
نهاییLate season	30	55.43	85.13	0.65

کارایی آب فتوسنتز (Costantini et al., 2007)، میزان تبخیر و هدایت روزنه، میزان آب برگ[۱۰]، در برگهای کاملاً توسعه یافته اندازه گیری شد(Maxwell and Johnson, 2000). میزان تبادل گازی بر روی برگ های بالغ(سومین و چهارمین برگ از

6 - Alternate partial root-zone irrigation
7 - Regular deficit irrigation
8 - Alternate partial root-zone drip irrigation
9 - Regular deficit drip irrigation
10- Leaf water content

سر شاخه) با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر نوع باز سیستم تبادلی[11] در اواسط اردیبهشت اندازه گیری شد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی بر حسب $\mu molCO2. \mu mol^{-1}H_2O$ از تقسیم میزان فتوسنتز خالص برگ (P_N) به میزان تعرق برگ (E) محاسبه شد. اندازه گیری میزان تعرق و مقاومت روزنه ای در برگهای کاملاً توسعه یافته (شش نمونه در سطح هر تیمار) با استفاده از دستگاه پرومتر[12] انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب داده های به دست آمده از آزمایش توسط نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد و ضرایب همبستگی مابین صفات محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان دهنده اثر معنی دار تیمارهای آزمایشی بر میزان هدایت روزنه ای، میزان تعرق و کارایی مصرف آب فتوسنتزی انار بود. بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی و انتقال الکترون به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری کامل قطره ای و آبیاری غرقابی عرف منطقه بود و کمترین مقدار متعلق به تیمار کم آبیاری غرقابی بود. بیشترین میزان هدایت روزنه ای مربوط به تیمار آبیاری کامل قطره ای بود و پس از آن تفاوت معنی دار بین تیمار شاهد با تیمارهای آبیاری غرقابی متناوب، آبیاری قطره ای متناوب و کم آبیاری قطره ای وجود نداشت. مشاهده شد که در روش آبیاری خشکی موضعی ریشه، رشد اندام‌های هوایی و هدایت روزنه‌ای انگور کاهش می یابد، اما طی چند سال به میزان قبل از تیمار بر می گردد(Dry and Loveys, 1999). کمترین میزان هدایت روزنه ای مربوط به تیمار کم آبیاری غرقابی بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین داده های صفات اندازه گیری شده در آزمایش

تیمارهای آزمایشی	تشعشع فعال فتوسنتزی	میزان انتقال الکترون	هدایت روزنه ای	میزان تعرق	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	میزان نسبی آب برگ (%)
	($\mu.mol.m^{-2}.s^{-1}$)				($\mu molCO_2$)/ ($\mu molH_2O$)	
آبیاری غرقابی عرف منطقه	823b	196.78b	0.16b	3.89a	0.028ab	72.42a
آبیاری غرقابی متناوب (خشکی موضعی ریشه)	812bc	134.06c	0.13bc	3.27b	0.024c	58.6c
کم آبیاری غرقابی	777d	112.60d	0.12c	2.95c	0.018cd	66.4b
آبیاری کامل قطره ای	858a	251.35a	0.19a	3.69ab	0.03a	65.4b
آبیاری قطره ای متناوب (خشکی موضعی ریشه)	820b	188.42b	0.15b	3.25b	0.027b	51.8d
کم آبیاری قطره ای	806c	130.30c	0.14bc	2.82c	0.021cd	53.6d

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

افزایش هدایت روزنه ای موجب افزایش معنی دار کارایی مصرف آب فتوسنتزی شد (جدول ۱۰). آبیاری قطره ای و غرقاب متناوب (خشکی موضعی ریشه) نسبت به کم آبیاری قطره ای و غرقاب، موجب افزایش معنی دار کارایی مصرف آب فتوسنتزی به ترتیب به میزان ۷۸/۳۴ و ۷۱/۴ درصد شد. افزایش کارایی مصرف آب فتوسنتزی احتمالاً ارتباط بیشتری به کارایی جذب آب توسط سیستم ریشه دارد. این مسئله می تواند در ارتباط با اثرات کم آبیاری و آبیاری متناوب بر روی سیستم ریشه انار باشد. فهم فرآیند جذب آب توسط سیستم ریشه گیاهان برای مدیریت آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است (Gong et al., 2006). در مناطق خشک و نیمه خشک بکارگیری سیستم آبیاری قطره ای منجر به تجمع ریشه در زیر قطره چکان ها می

11 - LI-6400, LI-Cor, Lincoln, Nebraska, USA
12-Steady State Poromoter (LI-COR 1600, LI-COR, NE, USA)

شود (Fernandez et al. 1991). مشاهده شد که در شرایط آبیاری قطره ای تعداد ریشه های با قطر کمتر از ۱ میلیمتر در مقایسه با شاهد افزایش می یابد (Tanasescu and Paltineanu, 2004). مطالعات نشان می دهد که مدل جذب آب توسط سیستم ریشه به قابلیت دسترسی آب در پروفیل خاک بستگی داشته تا به تراکم ریشه (Lehmann, 2003). 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. کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمارهای آبیاری قطره ای متناوب و کم آبیاری قطره ای بود.

جدول ۱۰- محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات آزمایشی

صفات آزمایشی	تشعشع فعال فتوسنتزی	میزان انتقال الکترون	میزان تعرق	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت روزنه ای	میزان نسبی آب برگ
تشعشع فعال فتوسنتزی	1.000					
میزان انتقال الکترون	0.933**	1.000				
میزان تعرق	0.714**	0.799**	1.000			
کارایی مصرف آب فتوسنتزی	0.929**	0.935**	0.855**	1.000		
هدایت روزنه ای	0.948**	0.972**	0.730**	0.880**	1.000	
میزان نسبی آب برگ	0.095	0.268	0.639**	0.179	0.254	1.000

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

نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین کارایی فتوسنتز و هدایت روزنه ای برگ مربوط به تیمارهای آبیاری کامل قطره ای و آبیاری کامل غرقابی بود. تغییرات شاخص های فتوسنتزی و فرایند آلی سازی به ویژه کارایی مصرف آب فتوسنتزی در دو تیمار خشکی موضعی ریشه یعنی آبیاری غرقابی متناوب و آبیاری قطره ای متناوب نسبت به سایر تیمارهای آزمایش، حداقل بود. نتایج ما با نتایج به دست آمده که نشان دادند اگرچه در هر دو روش خشکی موضعی ریشه و کم آبیاری به یک میزان آب آبیاری مصرف گردید اما در روش خشکی موضعی ریشه فتوسنتز خالص و تعرق بیشتر از روش کم آبیاری بوده و کارایی مصرف آب در خشکی موضعی ریشه به مراتب بیشتر از روش کم آبیاری برای درختان انار رقم رباب بوده (Parvizi et al. 2016)، مطابقت دارد. تکنیک خشکی موضعی ریشه با تغییر رابطه بین هدایت روزنه ای و شرایط تبخیری محیط برای بهبود کارایی مصرف آب در گیاهان موثر بوده و به طور میانگین هدایت روزنه ای در گیاهان تحت خشکی موضعی ریشه کمتر از گیاهان با آب کافی است (باکون، ۱۳۸۷). روش خشکی موضعی ریشه با کنترل هدایت روزنه‌ای اتلاف آب را کاهش می‌دهد و از طرفی دیگر آب لازم برای برطرف نمودن نیاز اندام‌های هوایی را تأمین می‌کند. به دلیل بالاتر بودن فتوسنتزخالص و و کارآیی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار آبیاری قطره ای متناوب (خشکی موضعی ریشه)، کاربرد این تیمار در سطح منطقه قابل توصیه می باشد.

منابع

احیایی، ع.، م. بهبهانی زاده و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول ، مؤسسه تحقیقات خاک وآب. صفحه‌های ۵ تا ۴۸.

باکون، ام. ا. ۱۳۸۷. بیولوژی کارآیی مصرف آب در گیاه. ترجمه ح.ر. میری. انتشارات نوید شیراز. ۵۲۲ صفحه.

Aseri G.K., Jain N., Panwar J., Rao A.V. and Meghwal P.R. 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.

Kouchaki E. and Nasiri Mahalati M. 1992. Ecology of field crops. Jahade Daneshgahi Mashhad (In: Farsi).

Grimes D.W., Walhood V.T. and Dickens W.L. 1968. Alternate furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. California Agric. 22 (5): 4–6.

Ruiz-Sanchez M.C., Plana V., Fortuno M.F., Tapia L.M. and Abrisqueta J.M.. 2005. Spatial root distribution of apricot trees in different soil tillage practices. Plant and Soil 272: 211–221.
Hutton R.J. and Loveys B.R. 2011. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus effects on water use efficiency and fruit characteristics. Agric. Water Manage. 98: 1485–1496.
Lehmann J. 2003. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant and Soil 225: 319–331.
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]. Agric. Water Manag. 97: 1486–1494.
Castellanos A.E., Martinez M.J., Llanoa J.M., Halvorson W.L., Espiricueta M. and Espejel I. 2005. Successional trends in Sonoran Desert abandoned agricultural fields in Northern Mexico. J. Arid Environ. 60: 437-455.
Schulze E.D., Back E. and Müller Hohenstein K. 2005. Plant Ecology. Springer, Berlin, Heidelberg.
Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthesis bio membranes. Meth Enzyo, (148): 650-682.
Costantini E., Landi L., Silvestroni O., Pandolfini T., Spena A., and Mezzetti B. 2007. Auxin Synthesis-Encoding Transgene Enhances Grape Fecundity**.** Plant Phys.143 (4): 1689–1694.
Maxwell K. and Johnson G.N..2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659-668.
Dry P.R., and Loveys B.R. 1999. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. Vitis 38: 151-156.
Gong D., Kang S., Zhang L., Du T. and Yao L. 2006. A two-dimensional model of rootwater uptake for single apple tree and its verification with sap flow and soil water content measurements. Agricultural Water Management 83: 119–129.
Fernandez J.E., Moreno F., Cabrera F., Arrue J.L. and Martinandra J. 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of oil trees. Plant and Soil 133: 239–251.
Tanasescu N. and Paltineanu C. 2004. Root distribution of apple tree under various irrigation systems within the hilly region of Romania. International Agrophysics18: 175–180.
Lehmann J. 2003. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant and Soil 225: 319–331.
Parvizi, H., Sepaskhah A.R. and Ahmadi S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (Punica granatum L.) cv. Rabab under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management. 163: 146–158.

Survey the photosynthesis efficiency and photochemical reaction of pomegranate to deficit irrigation and partial drying root zone

M. S. Tadayon and G .Moafpourian

Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

The experiment was conducted during 2011-2015, with the implement of different irrigation system - full flood irrigation (Control) - Alternate partial root-zone flood irrigation – Deficit flood irrigation with 50 percent of ET_C - drip irrigation - Alternate partial root-zone drip irrigation - deficit drip irrigation with 50 percent of ET_C in every irrigation period. Results showed that the minimum reduction of photosynthetic parameters and net photosynthesis and assimilation, especially photosynthetic water use efficiency belong to Alternate partial root-zone drip and flood irrigation. Both Alternate partial root-zone drip and flood irrigation significantly increased the photosynthetic water use efficiency up to 78.34 and 71.4 percent in comparison with deficit drip and flood irrigation, respectively. With regard to the relatively, higher photosynthesis efficiency and significant increase of photosynthesis water use efficiency in alternate partial root-zone drip irrigation, its application could be recommended for the experimental region.

Key words: Alternate partial root-zone, Deficit irrigation, Photosynthesis efficiency, Pomegranate