Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (779-790)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.264234.1505

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص ۷۹۰-۷۷۹)

مناسب‌ترین میزان مصرف آب در درخت لیموترش (*Citrus aurantifolia*) به روش آبیاری قطره‌ای در شهرستان میناب

یعقوبعلی کرمی*

مربی پژوهشی، بخش تحقیقات خاک وآب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۳)

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف آب در درخت لیموترش (*Citrus aurantifolia*) پژوهشی سه ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ به‌روش آبیاری قطره‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان میناب اجرا شد. تیمارها شامل چهار مقدار مصرف آب: I_1 (مصرف آب آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، I_2 (I_1 + ٪۲۵ تیمار اول)، I_3 (I_1 – ٪۲۵ تیمار اول) و I_4 (I_1 – ٪۵۰ تیمار اول) در سه تکرار بودند. نیاز آبی گیاه به‌روش FAO-56 محاسبه و با دور یک روز در میان اعمال شد. بر اساس نتایج، با افزایش مقدار مصرف آب، عملکرد افزایش یافت. بین تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد ($P\leq$۰/۰۱) و بهره‌وری مصرف آب ($P\leq$۰/۰۵) مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد در سال‌های طبیعی (بدون مشکل کمبود آب) تیمار I_2 به‌دلیل بالاترین عملکرد (۶۷۰۹ kg/ha) و در صورت وجود خشکسالی، تیمار I_4 به‌دلیل مصرف آب کمتر (حدوداً نصف تیمار I_1) و بالاترین بهره‌وری مصرف آب (۰/۷۳ kg/m^3)، جهت صرفه‌جویی مصرف آب، گزینه مناسبی است. همچنین بر اساس نتایج، مقدار آب مصرفی این گیاه در منطقه میناب، از مقدار محاسبه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۲۲ درصد بیشتر به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، عملکرد، لیموترش.

The most suitable water use range in lime tree (*Citrus aurantifolia*) with drip irrigation method in Minab city

Karami Yaghobali*
Research Instructor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
(Received: Sep. 04, 2018 - Accepted: Nov. 24, 2018)

ABSTRACT

In order to determine the optimum water consumption in lime tree (*Citrus aurantifolia*), A three years field experiment in a randomized complete block design from 2006 to 2008 was conducted using drip irrigation at Minab Agricultural Research Station. Treatments consisted of four water intake: I_1) full irrigation: 100% of the water intake, I_2) I_1 + 25%I_1, I_3) I_1 - 25%I_1, I_4) I_1 - 50%I_1 with three replications. The plant's water requirement was calculated using the FAO-56 method and the irrigation interval was set up every two days. Based on the results, increasing the water consumption increased the yield. Significantly differences were found in yield ($P \leq 0.01$) and water productivity ($P \leq 0.05$) among the treatments. It seems in normal years (without shortage water), I_2 treatment is the best due to the highest yield (6709 kg/ha), and in drought years, I_4 treatment because of less water use (about 50% I_1) and the highest water productivity (0.73 kg/m^3), is a good option for saving water consumption. Also, according to the results, the amount of water consumed by this plant in this region was obtained 22% more than the calculated value by the Soil and Water Research Institute.

Keywords: Lime tree, water productivity, yield.

* Corresponding author E-mail: Mfm_karamigsa@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مرکبات به‌عنوان مهمترین محصول باغی جهان، دارای تأثیر شگرف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در همه جوامع است (Iglesias *et al*., 2007) و تولید آن در کل جهان در حدود ۱۳۰/۹۴۷ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2015). علاوه بر ارزش غذایی مرکبات، محصولات جانبی مرکبات به‌دلیل کاربرد فراوان در صنایع داروسازی و لوازم آرایشی از ارزش اقتصادی و دارویی فراوانی برخوردار است (Upadhyay *et al*., 2010). همچنین مرکبات منابع خوبی از متابولیت‌های ثانویه و روغن‌های ضروری می‌باشند (Andrea *et al*., 1999; Ghasemi *et al*., 2009). لیمو (*Citrus aurantifolia*) از مرکبات بسیار مهم منطقه میناب است و به‌دلیل وجود شرایط مناسب رشد و پرورش آن در این منطقه، افزایش تولید این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. از مجموع ۱۹/۳۸ میلیون تن تولید محصولات باغبانی کشور در سال ۱۳۹۴ حدود ۷/۱۱ میلیون تن (۳۶/۶۷ درصد) مربوط به میوه‌های نیمه گرمسیری بوده که ۶/۹ درصد (حدود ۰/۵ میلیون تن) آن با سطح زیر کشت ۸۸۵۳ هکتار، سهم تولید لیموترش می‌باشد (Ahmadi *et al*., 2016). یکی از ارکان مهم و اساسی هر نوع تولید در کشاورزی آب است. کشور ایران به‌دلیل واقع شدن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، توزیع نامناسب بارندگی و تبخیروتعرقی بیش از سه برابر متوسط جهانی (Morsali *et al*., 2017)، جزو مناطق همراه با چالش جدی کم‌آبی به‌شمار می‌آید. از طرفی ادعا می‌شود در شرایط فعلی بیش از ۹۰ درصد از آب کشور، در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Morsali *et al*., 2017). بنابراین تدبیر در چگونگی ارتقاء بهره‌وری و مدیریت آب، کشاورزی را بااهمیت‌تر نموده و آن‌را در جایگاه خاصی قرار می‌دهد (Zamani *et al*., 2014; Haghighi *et al*., 2015). برآورد دقیق آب مورد نیاز گیاه، باعث بهبود مدیریت آبیاری می‌گردد (Morgan *et al*., 2006; Gutierrez *et al*., 1994). امروزه کم‌آبیاری در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه در مناطق خشک متداول شده و افزایش بهره‌وری آب می‌تواند، برای کشاورزی سودمند باشد. آب ذخیره شده در کم‌آبیاری را نیز می‌توان برای مقاصد دیگر، یا آبیاری واحدهای اضافی زمین مورد استفاده قرار داد. بر این اساس بهبود بهره‌وری مصرف آب (Water Productivity=WP) به‌عنوان یک هدف مهم برای غلبه بر کمبود آب است (Ruiz Sánchez *et al*., 2010) و برنامه‌ریزی آبیاری مؤثر و استفاده از سیستم‌های آبیاری مدرن دو گزینه ممکن برای بهبود این بهره‌وری است (Nagaz *et al*., 2015). واژه (WP) یک اصطلاح کلیدی در ارزیابی استراتژی‌های کم‌آبیاری است که به‌صورت نسبت وزن محصول قابل فروش (Ya) به حجم آب مصرف شده توسط محصول (ETa) با فرمول زیر تعریف می‌شود (Geerts & Raes, 2009).

$$WP\ (kg/m^3) = Y_a / ET_a$$

محققین بسیاری در مناطق مرکبات‌خیز دنیا تحقیقاتی در زمینه نیاز آبی این گیاه انجام داده‌اند، اما سهم محققین کشور ما در این زمینه، علی‌رغم مشکلات زیاد، بسیار اندک است. با انجام پژوهشی در جهرم بر روی پرتقال محلی، با مصرف ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم به‌ازای هر درخت به‌همراه ۱۱۵۰۰ متر مکعب آب در هکتار، عملکرد اقتصادی ۳۸ تن در هکتار میسر گردید (Daneshnia, 1994). بر اساس نتایج پژوهشی دیگر در همین محل، بهترین ضریب آبیاری برای لیمو ترش ۷۵ درصد و برای پرتقال و نارنگی ۷۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A با دور یک روز در میان به‌دست آمد (Daneshnia, 1983). محققینی دیگر، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری بر مبنای ۷۵ درصد تبخیر از تشت کلاس A را روی لیمو شیرین در منطقه جهرم قابل توصیه دانستند (Rastegar *et al*., 1982). تحقیقات انجام شده در اسپانیا نشان داد کاهش آب مصرفی به‌مقدار ۲۰ و ۴۰ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در تمام طول سال، محصول را به‌ترتیب به‌میزان ۵ و ۱۵ درصد کاهش می‌دهد، اما این کاهش با وجود معنی‌دار بودن آن در سطح پنج درصد، باعث افزایش مواد جامد محلول و اسیدیته عصاره میوه در این تیمارها شد. کاهش آب مصرفی به‌میزان ۴۰ درصد در دوران گلدهی و استقرار میوه، ۱۴ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

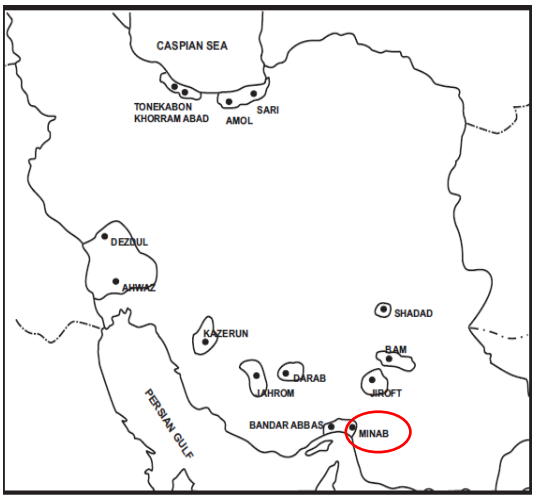
عملکرد میوه را نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در تمام طول سال، کاهش داد. همچنین ضخامت پوست میوه و میزان اسیدیته آن نیز کمتر شد (Castel & BuJ, 1990). کاهش آب آبیاری در هر یک از دوره‌های رشد میوه مرکبات، اثر متناسب با آن دوره را بر جای می‌گذارد. مثلاً کم‌آبی در دوره گلدهی و استقرار میوه منجر به ریزش میوه و کاهش محصول می‌شود. کم‌آبی در طول تابستان از رشد و توسعه میوه می‌کاهد و بالاخره کم‌آبی در مرحله رسیدن میوه منجر به افزایش مواد جامد محلول و اسیدیته می‌گردد، اما آنچه اهمیت دارد آن است که تا جایی که امکان دارد باید از تنش خشکی مرکبات در فصل بهار اجتناب کرد (Doorenbos & Kassam, 1986). کم‌آبی در طول مراحل رشد میوه در هلو و زردآلو باعث افزایش محتوای مواد جامد محلول (SSC) و نسبت اسیدیته قابل تیتراسیون به محتوای مواد جامد محلول شد، که با رنگ قرمزتر در پوست میوه و بلوغ زودتر همراه بود (Torrecillas *et al.*, 2000; Gelly *et al.*, 2004; Pérez-Pastor *et al.*, 2007). نیاز آبی مرکبات در منطقه میناب به‌روش پنمن مانتیث سالانه ۱۰۷۵ میلی‌متر برآورد شده است (Farshi *et al.*, 1997). از آنجا که استفاده بهینه از آب، ابزاری مناسب برای کاهش محدودیت‌های آبی است و تعیین میزان مناسب مصرف آن برای برنامه‌ریزی آبیاری در باغ‌های لیموترش لازم بود، این آزمایش نیز با هدف تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف آب برای درخت لیموترش به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، گسترش سطح زیر کشت و افزایش کارآیی مصرف آن در منطقه میناب انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های محل اجرای آزمایش

میناب یکی از شهرستان‌های شرقی استان هرمزگان واقع در جنوب ایران (طول جغرافیایی ۵۷/۰۷ درجه و عرض جغرافیایی ۲۷/۱۴ درجه) است که به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید مرکبات کشور (شکل ۱) شناخته شده است.

براساس اطلاعات یک دوره بیست ساله هواشناسی (۱۳۸۰-۱۳۶۱)، پربارانترین ماه‌های سال در این شهرستان، دی و بهمن، کم‌بارانترین ماه‌های سال، خرداد، تیر، مرداد و شهریور و متوسط بارندگی بیست ساله این ایستگاه نیز حدود ۲۲۰ میلی‌متر بوده است. میانگین دمای منطقه در این دوره بیست ساله حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دما ۴۶ درجه در تیر و مردادماه، حداقل مطلق آن ۶/۹ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه و میانگین تبخیر این ایستگاه، طی یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۱) نیز ۲۷۱۰ میلی‌متر بوده است (شکل ۲).



شکل ۱. نقشه مناطق مرکبات خیز کشور (Gihouni, 2011)

Figure 1. Map of citrus-rich regions of the country (Gihouni, 2011)

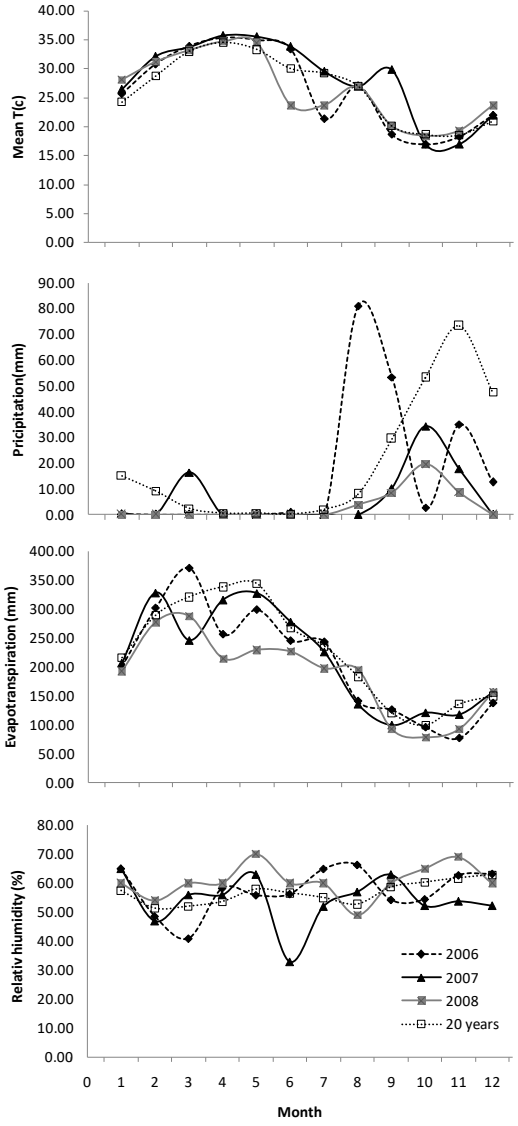
www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌برداری خاک و آب

قبل از شروع آزمایش، از خاک باغ مورد آزمایش، نمونه خاک مرکب، از اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر تهیه و پس از عبور از الک دو میلی‌متری خصوصیات فیزیکی (درصد رس، سیلت و شن، رطوبت ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP)) و شیمیایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، درصد ماده آلی، EC و pH) آنها اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین از آب مورد استفاده برای آبیاری نیز نمونه‌ای تهیه و ویژگی‌های شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک به‌روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 2002)، PWP و FC، با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، pH به‌روش گل اشباع با استفاده از الکترود شیشه‌ای (McLean, 1982)، EC در عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC متر (Carter & Gregorich, 2006)، کربن آلی به‌روش والکی- بلک (Tandon, 1998)، نیتروژن کل به‌روش کجلدال (Bremner, 1965)، پتاسیم قابل جذب به‌روش استات آمونیوم عصاره‌گیری و توسط شعله‌سنج به‌روش چاپمن و پرت (Chapman & Pratt, 1961) و فسفر قابل جذب به‌روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) اندازه‌گیری شد. EC آب با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی، pH آب با استفاده از دستگاه pH متر، سدیم به‌روش شعله سنجی، کلرید به‌روش موهر (Howell Furman, 1962)، مجموع کلسیم و منیزیم، کربنات و بی‌کربنات به‌روش تیتراسیون (Hatfield, 1995) اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. متوسط بیست ساله (۲۰۰۱-۱۹۸۱) و سه سال اجرای آزمایش (۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) برخی داده‌های هواشناسی میناب

Figure 2. Mean of main metrological data of 20 years (1981-2001) and 3 experimental years 2006, 2007 and 2008 of Minab

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

Depth (cm)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	PWP (w/w)	FC (w/w)	N_t (%)	O.C (%)	K(Ava.) (ppm)	P (Ava.) (ppm)	pH	EC (dS/m)
0-30	20	56	24	7.1	19	0.015	0.29	270	13.6	8.5	1.7
30-60	16	48	36	6.4	15.4	0.023	0.15	230	12	8.3	2.5

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

Table 2. The result of chemical analysis of irrigation water

Na^+	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Sum of cautions	HCO_3^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	Cl^-	Sodium adsorption ratio	pH	EC
(meq/l)									(µS/m)
8.7	4.3	13	3.5	3	0.6	5.9	5.9	8.5	1400

www.SID.ir

Archive of SID

انجام آزمایش مزرعه‌ای و اعمال تیمارها

این پژوهش به‌منظور تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف آب درخت لیموترش رقم مکزیکن لایم، با پایه بذری لیمو به‌مدت سه سال(۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷) به‌روش آبیاری قطره‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان میناب روی ۳۶ درخت ۶ ساله اجرا شد. برای تعیین نیاز آبی گیاه از روش FAO-56 (پنمن مانتیث) استفاده شد. به‌همین منظور از داده‌های تبخیر و تعرق یک دوره درازمدت و مقادیر بارنگی مؤثر سال‌های آزمایش و اعمال ضرایب گیاهی، برای اندازه‌گیری نیاز آبی گیاه استفاده شد (Farshi *et al*., 1997). در ادامه سطوح آب آبیاری به‌صورت زیر تعیین گردید:

I_1- مصرف آب آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه.

I_2- مصرف آب آبیاری به‌میزان ۲۵ درصد بیشتر از نیاز آبی گیاه.

I_3- مصرف آب آبیاری به‌میزان ۲۵ درصد کمتر از نیاز آبی گیاه.

I_4- مصرف آب آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد کمتر از نیاز آبی گیاه.

هر کرت آزمایشی شامل سه درخت با فاصله‌های هفت در هفت متر بود. مقدار آب مورد نیاز هر تیمار آبیاری، محاسبه و مقدار آب مصرفی هر تیمار به‌وسیله یک عدد کنتور حجمی کنترل شد. در سراسر دوره رشد گیاه، آبیاری با استفاده از قطره چکان‌های چهار لیتر در ساعت (۱۴ قطره چکان به ازای هر درخت) به‌صورت لوپ در اطراف درخت با دور یک روز در میان انجام شد. در طول دوره آزمایش هر سال مقدار محصول تک تک درختان هر تیمار، در زمان برداشت توزین و ثبت شد. از محصول هر تیمار نمونه‌ای تهیه و فاکتورهای درصد کل مواد جامد محلول، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون، ضخامت متوسط پوست میوه، درصد وزنی تفاله و درصد حجمی عصاره آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری بهره‌وری مصرف آب (WP) از معادلهٔ (۱) استفاده گردید (Geerts & Raes, 2009).

$$WP = Ya / Eta \quad (1)$$

که در آن WP، Ya و ETa به‌ترتیب بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)، عملکرد (kg/ha) و حجم آب مصرفی توسط گیاه (m^3/ha) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

اطلاعات به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش که به‌مدت سه سال (۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب اجرا شد در جدول‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ و شکل ۳ آورده شده است.

متوسط سه ساله مقدار مصرف آب در تیمارهای مختلف

متوسط حجم آب مصرفی تیمارها در سال‌های ۸۷-۸۵ در جدول ۳ آمده است. بر اساس اطلاعات این جدول متوسط مقدار مصرف آب در مدت سه سال در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 به‌ترتیب، ۱۳۷۶۸، ۱۷۲۱۰، ۱۰۳۲۶ و ۶۸۸۴ m^3/ha بود.

جدول ۳. متوسط سه ساله حجم آب آبیاری تیمارها در ماه‌های مختلف (m^3/ha)

Table 3. The average volume of three years' irrigation water in different months in each treatment (m^3/ha)

Month	Treatment			
	I_1	I_2	I_3	I_4
January	416.335	520.42	312.254	208.168
February	544.34	680.592	408.254	272.17
march	922.257	1152.935	691.691	461.129
April	1341.081	1676.357	1005.810	670.541
May	1616.92	2021.15	1212.69	808.46
June	1822.122	2277.653	1366.591	911.561
July	1801.563	2251.953	1351.172	900.782
August	1592.418	1990.523	1194.313	796.209
September	1405.846	1757.307	1054.383	702.923
October	1097.662	1372.077	823.247	548.831
November	763.205	954.006	572.404	381.602
December	444.254	555.317	333.190	222.127
Sum	13768	17210	10326	6884

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و صفات کیفی میوه لیموترش تحت تأثیر آب مصرفی در سه سال

Table 4. Compound analysis of variance on yield, water productivity and fruit qualitative characteristics of *Citrus aurantifolia* under irrigation treatments in three years

Source changes	df	Yield	(WP)	pH	Total soluble solids (TSS)	TA	Means peel thickness	Weight percentage of scum	Volume percentage of extract
Year	2	17166134**	0.207**	0.146*	6.350**	0.123ns	0.339**	108.427**	176.945**
Irrigation	3	6142194*	0.253**	0.003ns	1.101*	0.108ns	0.021*	5.750ns	6.946ns
Irrigation × Year	6	785782ns	0.021ns	0.001ns	0.972*	0.139ns	0.007ns	8.799ns	15.382ns
Total error	18	1255984	0.027	0.002	0.249	0.131	0.005	11.946	12.709
C.V. (%)		20.48	33.120	1.840	6.190	5.130	7.620	10.280	7.14

*، ** و ns: وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% of probability levels and non-significantly difference, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر سال بر صفات مورد اندازه‌گیری در درخت لیموترش

Table 5. Mean comparison effect of year on measured traits of *Citrus aurantifolia*

Years	Yield (Kg/ha)	WP (Kg/m^3)	pH	Total solid solution (%)	Means of Peel thickness (mm)	Weight percentage of scum (%)	Volume percentage of Juice (%)
First	5613 b	0.52 b	2.36 a	7.40 c	1.08 a	30.19 b	50.26 b
Second	6590 a	0.62 a	2.16 b	8.84 a	0.74 c	34.88 a	53.53 a
Third	4210 c	0.36 c	2.35 a	7.91 b	0.94 b	35.80 a	45.88 c

میانگین‌های با حروف مشابه داخل ستون تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($P \leq 0.05$).

جدول ۶. مقادیر بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)، میانگین دمای سالانه و متوسط سه ساله آنها

Table 6. Annual and average three years of rain amounts, reference evapotranspiration (ET_0) and temperature means

Years	Annual temperature means (°C)	Reference evapotranspiration (ET_0) (mm/year)	Rain amount (mm/year)
First	26.5	2492	185.7
Second	28	2269	79.2
Third	22	2235	40.6
Mean	25.5	2332	101.8

اثر سال بر صفات مورد اندازه گیری

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر سال بر عملکرد کمی و بهره‌وری مصرف آب (WP) در سطح یک درصد معنی‌دار شد که احتمالاً به‌دلیل سال‌آوری مرکبات (Jaihooni, 2011; Fotohi Ghazvini & Fatahi Moghadam, 2006) و تفاوت شرایط اقلیمی در سال‌های آزمایش است (Aini Nargeseh *et al.*, 2015; Donyavian, 2011). بالاترین عملکرد و WP به‌ترتیب به‌مقدار ۶۵۹۰ kg/ha و ۰/۶۲ kg/m^3 در سال دوم آزمایش و کمترین مقدار عملکرد و WP به‌ترتیب به‌مقدار ۴۲۱۰ kg/ha و ۰/۳۶ kg/m^3 در سال سوم آزمایش به‌دست آمد (جدول ۵). تناوب باردهی مسئله مشترک بین تعدادی از گونه‌های درختان میوه می‌باشد. این موضوع در مورد ۱۱ تیره گیاهی درختان برگ‌ریز و همیشه‌سبز گزارش شده و در مورد محصولات مهمی مثل سیب، زیتون، پسته و مرکبات مطالعه شده است (Jalili Marandi, 2011). در سال‌آوری، پس از یک سال پرمحصول، میوه‌دهی برای یک یا چند سال کم خواهد شد. این پدیده در مرکبات نیز وجود داشته و تحت تأثیر عوامل متعددی می‌باشد (Monselise & Goldschmidt, 1982). اطلاعات مربوط به مقادیر بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)، میانگین دمای سالانه و متوسط سه ساله آنها در جدول ۶ آورده شده است. همانگونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود دمای هوا در سال‌های آزمایش متفاوت بوده، بطوریکه بیشترین دما در سال دوم و کمترین آن در سال سوم آزمایش اتفاق افتاده است. لذا می‌توان اظهار نمود که احتمالاً تفاوت در عملکرد بین سال‌ها (معنی دار شدن اثر سال) با روند تغییرات دمای هوا همخوانی داشته و عملکرد سال دوم بیشترین مقدار و عملکرد سال سوم کمترین مقدار شده‌است (جدول ۵). البته مقدار بارندگی نیز از سالی به سال دیگر متفاوت بوده است، ولی ازآنجایی‌که تفاوت در مقدار بارندگی با آبیاری جبران شده،

www.SID.ir

Archive of SID

احتمالاً تغییرات دمایی نسبت به تغییرات بارندگی عامل مؤثرتری در معنی‌دار شدن اثر سال بوده است. مطالعات نشان می‌دهند که تغییرات اقلیم ناشی از کاهش باران و افزایش دما، تا حد زیادی بر عملکرد محصولات کشاورزی اثر می‌گذارند (Parhizkari *et al.*, 2015). نتایج آنها نشان داد با اعمال سناریوی یک درجه افزایش دما و یک میلی‌متر کاهش باران، عملکرد جو، ذرت، چغندر و یونجه به‌ترتیب ۱۵، ۲۴، ۱۳ و ۱۷ درصد افزایش و عملکرد گندم، گوجه و کلزا به‌ترتیب ۲۹، ۲۰ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. اثر سال و تفاوت اقلیمی علاوه بر عملکرد و WP بر صفات کیفی میوه نیز، به استثناء درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین pH میوه به‌ترتیب با مقادیر ۲/۳۶ و ۲/۱۶ در سال اول و دوم آزمایش، بیشترین و کمترین درصد مواد جامد محلول به‌ترتیب با مقادیر ۸/۸۴ و ۷/۴ در سال دوم و اول آزمایش، بیشترین و کمترین ضخامت پوست میوه به‌ترتیب با مقادیر ۱/۰۸ و ۰/۷۴ mm در سال اول و دوم آزمایش، بیشترین و کمترین درصد وزنی تفاله به‌ترتیب با مقادیر ۳۵/۸۰ و ۳۰/۱۹ در سال سوم و اول آزمایش و بیشترین و کمترین درصد حجمی عصاره به‌ترتیب با مقادیر ۵۳/۵۳ و ۴۵/۸۸ در سال دوم و سوم آزمایش به‌دست آمد (جدول ۵). بر اساس اطلاعات جدول ۶، در سال دوم آزمایش که دمای هوا نسبت به بقیه سال‌های آزمایش بیشتر بود، بیشترین درصد مواد جامد محلول و درصد حجمی عصاره میوه، کمترین ضخامت پوست میوه و کمترین pH بدست آمد. بنابراین شاید بتوان اظهار نمود که تفاوت این صفات در بین سال‌های آزمایش همچون عملکرد با روند تغییرات دمای هوا همخوانی دارد. فاکتور دما از فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت محصول می‌باشد و ترکیبات میوه تحت تأثیر میکروکلیمای درون تاج قرار می‌گیرد (Archer & Strauss, 1989). مقدار بارش باران نیز همچون دما از جمله عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر کیفیت میوه است. نتایج آزمایشی در پاکستان نشان داد، بارش باران و روش کاشتی که منتج به آبیاری کمتر شد، باعث کیفیت خوب فیزیکی و بیو شیمیایی میوه مرکبات (ماندارین کینو) شد (Khalid *et al*; 2018). با توجه به‌نتایج آزمایش حاضر می‌توان اظهار نمود، با وجود تفاوت مقدار بارندگی در هر سه سال آزمایش اما به‌دلیل ناچیزی کل مقدار بارندگی منطقه و جبران این تفاوت با آبیاری، تأثیر مقدار بارندگی بر صفات کیفی میوه ناچیز و از تغییرات دمایی بسیار کمتر بوده است.

اثر تیمارهای آبیاری بر صفات مورد اندازه‌گیری

از لحاظ عملکرد بین تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۴). بیشترین عملکرد (۶۷۰۹ kg/ha) از تیمار I_2 با بیشترین مقدار مصرف آب (۱۷۲۱۰ m^3/ha) و کمترین عملکرد (۵۰۳۲ kg/ha) از تیمار I_4 با کمترین مقدار مصرف آب (۶۸۸۴ m^3/ha) به‌دست آمد (شکل ۳ و جدول ۳). با افزایش مقدار مصرف آب، مقدار عملکرد نیز افزایش یافت.

مرکبات از جمله میوه‌هایی هستند که برای رشد و تولید اقتصادی نیاز به آب کافی دارند. در اثر کمبود آب، درختان مرکبات دچار تنش کم‌آبی می‌شوند که با کاهش رشد و تولید میوه همراه است (Alizadeh, 2004). در شرایط تنش خشکی مقدار آب قابل استفاده از خاک کم می‌شود و به‌دنبال آن جذب عناصر غذایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در رشد و نمو گیاهان در افق‌های سطحی خاک کاهش می‌یابد (Garcia *et al.*, 2007). آبیاری کافی می‌تواند به‌طور مشخصی رشد درخت، اندازه و حجم میوه و همچنین وزن تر بخش گوشتی میوه را افزایش دهد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد در واحد سطح گردد (Iniesta *et al.*, 2009; Tognetti, 2006). بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) از لحاظ بهره‌وری مصرف آب، بین تیمارهای آبیاری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بالاترین WP (۰/۷۳ kg/m^3) از تیمار I_4 با کمترین مقدار مصرف آب (۶۸۸۴ m^3/ha) به‌دست آمد. پایین‌ترین WP (۰/۳۶ Kg/m^3) نیز از تیمار I_2 با بیشترین مقدار مصرف آب (m^3/ha ۱۷۲۱۰) به‌دست آمد (شکل ۳ و جدول ۳). شاخص WP به‌مقدار زیادی در صورت کاهش مقدار آب آبیاری

www.SID.ir

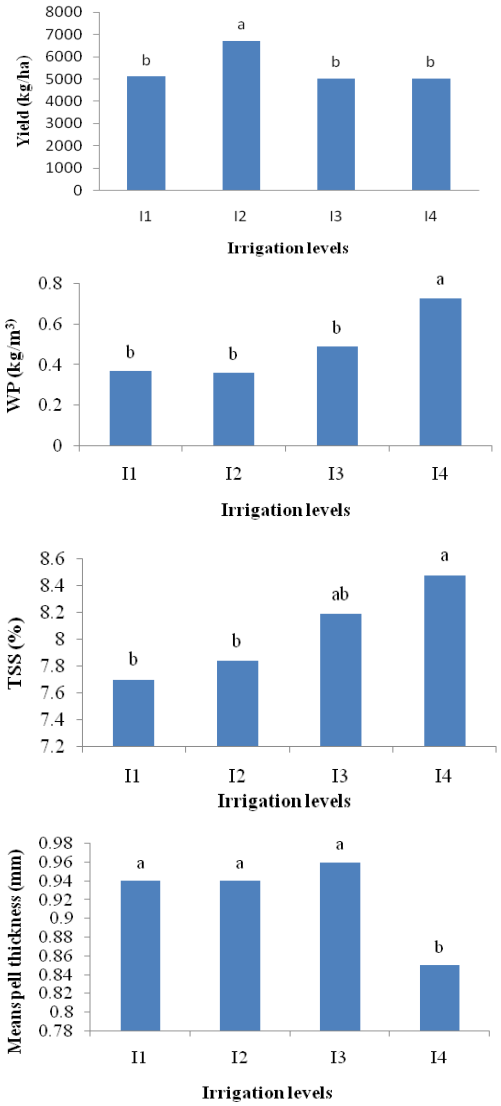
Archive of SID

و عامل کم‌آبیاری می‌تواند افزایش یابد (Zwart & Bastiaanssen, 2004; Tuong, 1999).

به‌نظر می‌رسد در سال‌هایی که مشکل کمبود آب وجود ندارد تیمار I_2 به‌دلیل بیشترین عملکرد (۶۷۰۹kg/ha) و در صورت وجود خشکسالی، تیمار I_4 به‌دلیل عملکرد مشابه با دو تیمار I_1 و I_3 و مصرف آب کمتر (حدوداً نصف تیمار I_1) و بیشترین WP ($۰/۷۳Kg/m^3$)، جهت صرفه‌جویی مصرف آب گزینه مناسبی است. بر اساس نتایج آزمایشی در تونس اظهار شد، می‌توان با کمی کاهش تولید و بازده اقتصادی در باغ‌های تجاری پرتقال، تحت شرایط کمبود آب، به‌عنوان یک استراتژی دراز مدت، مصرف آب را ۲۵ درصد کاهش داد (Nagaz *et al.*, 2015).

بر اساس نتایج این آزمایش، مقدار آب مصرفی تیمار I_1 (آبیاری کامل) ۱۳۷۷ mm بدست آمد. این مقدار از مقدار برآورد شده مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۰۷۵ mm) توسط Farshi *et al.* (1997)، ۲۲ درصد بیشتر بود. این تفاوت را با اندکی تأمل در آمار هواشناسی، می‌توان به کمتر بودن متوسط مقدار بارندگی سال‌های آزمایش نسبت به متوسط بارندگی سند ملی (شکل ۲ و جدول ۶) و جبران آن با آبیاری نسبت داد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد، برای مدیریت بهتر مقدار آب مصرفی این گیاه در منطقه، در محاسبات آتی ۲۲ درصد (۳۰۲ mm)، به‌مقدار آب مصرفی محاسبه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب اضافه گردد. برآورد دقیق آب مورد استفاده گیاه می‌تواند مدیریت آبیاری را بهبود بخشد (Gutierrez *et al.*, 1994; Morgan *et al.*, 2006).

اثر تیمارهای آبیاری بر درصد کل مواد جامد محلول و ضخامت پوست میوه معنی‌دار شد (جدول۴). بیشترین درصد مواد جامد محلول (۸/۴۸) از تیمار آبیاری I_4 و کمترین درصد مواد جامد محلول (۷/۷) از تیمار آبیاری I_1 بدست آمد (شکل ۳). همانگونه که این شکل نشان می‌دهد تیمار مربوط به کمترین مقدار مصرف آب، بیشترین درصد مواد جامد محلول را به‌خود اختصاص داد. بر اساس نتایج آزمایشی، کاهش مصرف آب آبیاری از ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس به ۷۵ درصد، افزایش معنی‌داری در مواد جامد محلول به‌دنبال داشت (Alibeygi *et al.*, 2018).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب، درصدکل مواد جامد محلول و متوسط ضخامت پوست میوه لیمو ترش.
(میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

Figure 3. Mean comparison of yield, WP, TSS and Means Peel thickness in different water treatmen of *Citrus aurantifolia*
(Means followed by the same are not significantly different ($P \leq 0.05$)).

بیشترین ضخامت پوست میوه (۰/۹۶ mm) از تیمار آبیاری I_3 بدست آمد، اگرچه این تیمار با دو تیمار دیگر I_1 و I_2 در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین ضخامت پوست میوه (۰/۸۵ mm) نیز از تیمار آبیاری I_4 به‌دست آمد. در اسپانیا کاهش آب آبیاری لیمو، سبب افزایش درصد کل مواد جامد محلول و

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ضخامت پوست میوه شد (Castel & Buj, 1990). در تونس تنش آب، باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه و افزایش کل مواد جامد محلول شد (Nagaz *et al*., 2015). در هلو و زردآلو در طول مراحل رشد میوه کم‌آبیاری باعث افزایش محتوای مواد جامد محلول (SSC) و نسبت اسیدیته قابل تیتراسیون به محتوای مواد جامد محلول شد، که با رنگ قرمزتر در پوست میوه و بلوغ زودتر همراه بود (Torrecillas *et al*., 2000; Gelly *et al*., 2004; Pérez-Pastor *et al*., 2007).

اثر متقابل سال و آب مصرفی بر صفات مورد اندازه‌گیری

اثر متقابل سال و آب مصرفی بر هیچکدام از صفات مورد اندازه‌گیری، به‌جز صفت TSS، معنی‌دار نبود (جدول ۴). علی‌رغم معنی‌دار نبودن اثر متقابل سال و تیمار آبیاری بر این صفات، دو صفت عملکرد و بهره‌وری مصرف آب به‌دلیل اهمیت زیاد آنها در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همان‌گونه که در جدول ۵ (مقایسه میانگین اثر سال بر صفات مورد اندازه‌گیری) مشاهده می‌شود، سال دوم آزمایش با عملکرد ۶۵۹۰ kg/ha، سال پرمحصول (On) و سال سوم آزمایش با عملکرد ۴۲۱۰ kg/ha، سال کم‌محصول (Off) بود. از طرفی با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سال و آب مصرفی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب (جدول ۷)، مشاهده می‌شود در هر دو سال On و Off تیمار I_4 (مصرف آب آبیاری به‌مقدار ۵۰ درصد کمتر از آبیاری کامل) ضمن اینکه بالاترین بهره‌وری مصرف آب را بخود اختصاص داد، از عملکرد قابل قبولی نیز، برخوردار بود. به‌همین دلیل تیمار I_4 به‌عنوان یک رژیم مناسب آبیاری برای جبران بخشی از کمبود منابع آب و گسترش سطح کشت لیمو در منطقه تحت شرایط کم‌آبی انتخاب شد. در کشور پرتقال با اعمال سه رژیم آبیاری کامل و کم‌آبیاری در حد ۵۰ و ۷۰ درصد آبیاری کامل، روی زیتون، تیمار کم‌آبیاری (۵۰ درصد) به‌عنوان یک رژیم مناسب برای جبران کمبود منابع آب مزرعه و گسترش سطح کشت زیتون تحت شرایط محدودیت آب انتخاب شد (Santos, 2018). در آزمایشی روی زیتون در شمال غرب فلسطین با شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک، رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی و اندازه میوه نشان ندادند (Lodolini *et al*., 2016). این محققین بر اساس نتایج این آزمایش اظهار نمودند، آبیاری تکمیلی که حداقل ۳۵ درصد از آب مورد نیاز فصلی را تأمین ننماید نمی‌تواند اثرات مثبت قابل‌توجهی بر روی عملکرد میوه به‌خصوص در سال‌های On ایجاد کند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و آب مصرفی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب درخت لیموترش

Table 7. Mean comparison interaction effect of year and water consumption on yield and water productivity of *Citrus aurantifolia*

Year	Irrigation treatments	Yield (Kg/ha)	WP (Kg/m^3)
First	I_1	4991 cdef	0.37 d
	I_2	7303 ab	0.43 cd
	I_3	4583 def	0.45 cd
	I_4	5576 bcde	0.82 ab
Second	I_1	5987 abcd	0.44 cd
	I_2	7936 a	0.46 cd
	I_3	6590 abc	0.65 bc
	I_4	6144 abcd	0.92 a
Third	I_1	4352 def	0.30 d
	I_2	5186 cdef	0.29 d
	I_3	3927 ef	0.37 d
	I_4	3377 f	0.47 cd

میانگین‌های با حروف مشابه داخل ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($P \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد در سال‌هایی که مشکل کمبود آب وجود ندارد تیمار I_2 (مصرف آب آبیاری به‌مقدار ۲۵ درصد بیشتر از آبیاری کامل) به‌دلیل بیشترین عملکرد، بهترین گزینه است، اما ازآنجاکه این تیمار کمترین بهره‌وری مصرف آب را به‌خود اختصاص داد، هم‌جهت با اهداف کشاورزی پایدار نیست. اما تیمار I_4 (مصرف آب آبیاری به‌مقدار ۵۰ درصد کمتر از آبیاری کامل)، به‌دلیل عملکرد تقریباً برابر با دو تیمار I_1 (آبیاری کامل) و I_3 (مصرف آب آبیاری به‌مقدار ۲۵ درصد کمتر از آبیاری کامل) و بالاترین بهره‌وری مصرف آب در سال‌های همراه با خشکسالی، با توجه به اهداف کشاورزی پایدار و صرفه‌جویی در مصرف آب، گزینه مناسبی است. از طرفی در سال‌های On و Off نیز گزینه I_4 از عملکرد مناسبی برخوردار بود و بالاترین بهره‌وری مصرف آب را به‌خود اختصاص داد.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین تیمار I_4، هم در سال‌های On و Off برای حصول عملکرد قابل قبول، و هم در شرایط خشکسالی برای صرفه‌جویی در مصرف آب، به‌عنوان یک رژیم مناسب برای جبران کمبود منابع آب و گسترش سطح کشت لیمو تحت شرایط کم‌آبی، قابل توصیه در منطقه است. به‌علاوه بر اساس نتایج این آزمایش، مقدار آب مصرفی تیمار I_1 (آبیاری کامل) ۱۳۷۷ میلی‌متر بدست آمد. این مقدار از مقدار برآورد شده مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۰۷۵ mm)، ۳۰۲ mm (۲۲ درصد) بیشتر بود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد، جهت مدیریت بهتر مقدار آب مصرفی این گیاه در منطقه، در محاسبات آتی ۲۲ درصد (۳۰۲ mm)، به‌مقدار آب مصرفی محاسبه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب اضافه گردد.

REFERENCES

1. Ahmadi, K., Gholizadeh, H. A., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosainpoor, R., Kazemifard, R. & Abdeshah, H. (2016). Agriculture Economic Aspects. Iran Statistics Horticultural Products. Results of the survey of the sample of garden products. Iran. Ministry of Jahad Agriculture. Deputy of Planning and Economic. Center of Information and Communication Technology. From: http://amar.maj.ir.
2. Aini Nargese, H., Dayhimfard, R., Soufizadeh, S., Haghighat, M. & Noori, O. (2015). Prediction of climate change effects on wheat yield of Fars province using APSIM model. *Crops Production*. 8(4), 203-224. (in Farsi)
3. Alibeygi, B., Soltany, F. & Kalantary, S. (2016). Effect of different irrigation regimes on quality and shelf life of half fresh cut watermelon (*Citrullus lanatus* cv. Crimson Sweet). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(1), 117-131. (in Farsi)
4. Alizadeh, A. (2004). *Soil water plant Relationship*. (4th ed.). Astan Quds Razavi Press. (in Farsi)
5. Andrea, V., Nadia, N., Teresa, R. M., & Andrea, A. (2003). Analysis of some Italian lemon liquors (Limoncello). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 4978-4983.
6. Archer, E. & Strauss, H. C. (1989). Effect of shading on the performance of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *South African Journal of Enology and Viticultural*, 10(2), 74-76.
7. Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen. In: J. M. Bigham (Ed), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. (pp.1149-1178.) Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA
8. Carter, M. R. & Gregorich, E. G. (2006). *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Science. Lewis Publisher. Raton. Florida. USA.
9. Castel, J. R. & Buj, A. (1990). Response of *Salustiana oranges* to high frequency deficit irrigation. *Irrigation Science*, 11(2), 121-127.
10. Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University California Press, Riverside.
11. Daneshnia, A. A. (1983). Investigation of the most suitable interval and depth of drip irrigation and depth on lemon. In: *Proceedings of the Tonekabon Citrus Seminar*, 3-4 Jul., Tonekabon, Iran, pp 373-385. (in Farsi)
12. Daneshnia, A. A. (1994). The role of potassium in reducing the water consumption of citrus. *Proceedings of the 4th Iranian Soil Science Congress*, 29-31 Aug., Isfahan University of Technology, Iran, pp 153-154 (in Farsi)
13. Donyavian, H. R. (2011). Investigating of the relationship between climatic factors and yield of cotton (*Gossypium hirsutum*). Sixth Conference on New Ideas in Agriculture. 11-12 March, Islamic Azad University Khorasgan Branch, Iran, pp 1-4. (in Farsi)
14. Doorenbos, J. & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper*, (33), 257.
15. Fahimi, A. A. (1963). *Minab semi-detailed soil report*. Soil and Water Research Institute. 73. (in Farsi)
16. Food and Agriculture Organization. (2015). *Faostat-database*. From: http:// www. F. A. O. org.
17. Farshi, A. A., Shariati, M. R., Jarolahi, R., Ghaemi, M. R., Shahabifar, M. & Tavalai, M. M. (1997). *Estimated water requirements for major crop and garden plants in the country*. Volume II. Garden plants. (1st ed.). Karaj Agricultural Education Publishing. (in Farsi)
18. Fotohi Ghazvini, R. O. & Fatahi Moghadam, J. (2016). *Breeding citrus in Iran*. (4th ed.). Gilan University Press. (in Farsi)
19. García Sánchez, F., Syvertsen, J. P., Gimeno, V., Botía, P. & Perez-Perez, J. G. (2007). Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water use efficiency. *Physiologia Plantarum*, 130(4), 532-542.

www.SID.ir

Archive of SID

20. Gee, G. W. & Bauder, J. W. (2002). In: H. D. Jacob & G. Clarke Topp, (Eds), *Methods of soil analysis. Physical methods. Part 4. Particle size analysis*. (pp. 201-214.) Soil Science Society of America. Madison. WI.
21. Geerts, S. & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, 96(9), 1275-1284.
22. Ghasemi, K., Ghasemi, Y. & Ebrahimzadeh, M. A. (2009). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3), 277-281.
23. Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbones, A., Rufat, J. & Marsal, J. (2004). Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(6), 561-568.
24. Gutierrez, M. V., Harrington, R. A., Meinzer, F. C. & Fownes, J. H. (1994). The effect of environmentally induced stem temperature gradients on transpiration estimates from the heat balance method in two tropical woody species. *Tree Physiology*, 14(2), 179-190.
25. Haghighi, B., Boroumand, S. & Naseri, A. (2015). The effect of different irrigation managements in farrow and drip irrigation technique on potato yield and water productivity. *Water Research Journal in Agriculture*, 29(2). (in Farsi)
26. Hatfield, J. L. (1995). Soil and water quality: An agenda for agriculture. *Agricultural Water Management*, 28(2), 179-180.
27. Howell Furman, N. (1962). *Standard methods of chemical analysis.* Science, 137, 121-122.
28. Iglesias, D. J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J. M., Naranjo, M. A., Ríos, G., Carrera, E. & Talon, M. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 333-362.
29. Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F. & Villalobos, F. J. (2009). The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *European Journal of Agronomy*, 30(4), 258-265.
30. Jaihooni, M. (2011). *Principles of citrus nutrition of Iran*. New Product Agricultural Company, (in Farsi)
31. Jalili Marandi, R. (2011). *Fruit planting*. (2nd ed.) Jahad Daneshgahi Press. (in Farsi)
32. Khalid, M. S., Malik, A. U., Khan, A. S., Saleem, B. A., Amin, M., Malik, O. H. & Rehman, A. (2018). Geographical location and agro-ecological conditions influence kinnow mandarin (*Citrus nobilis*× *Citrus deliciosa*) fruit quality. *International Journal of Agricultural and Biology*, 20(3), 647-654.
33. Lodolini, E. M., Polverigiani, S., Ali, S., Mutawea, M., Qutub, M., Pierini, F. & Neri, D. (2016). Effect of complementary irrigation on yield components and alternate bearing of a traditional olive orchard in semi-arid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 1-10.
34. McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: A. Klute, (Ed), *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*, part 2. (2nd ed.), (pp.199-224), Madison WI.
35. Monselise, S. P. & Goldschmidt, E. E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. *Horticultural Review*, 4(1), 128-173.
36. Morgan, K. T., Obreza, T. A., Scholberg, J. M. S., Parsons, L. R. & Wheaton, T. A. (2006). Citrus water uptake dynamics on a sandy Florida Entisol. *Soil Science Society of America Journal*, 70(1), 90-97.
37. Morsali, E., Heydari, N., Zare, A. & Hatami, H. R. (2017). Investigating of the role of processes in promoting agricultural water productivity in Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*, B, (2), 163-180. (in Farsi)
38. Nagaz, K., El Mokh, F., Ben Hassen, N., Masmoudi, M. M., Ben Mechlia, N., Baba Sy, M. O., & Ghiglieri, G. (2017). Impact of deficit irrigation on yield and fruit quality of orange trees (*Citrus sinensis*, L. Osbeck, CV. Meski Maltaise) in Southern Tunisia. *Irrigation and Drainage*. From: wileyonlinelibrary.com.
39. Olsen, S. R. & Sommers, L. E. (1982). In: Klute, A. (Ed), *Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological Properties*, part 2. (2nd ed.) (pp-297-234.). Agron. Monogr, 9, *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*, Madison WI.
40. Parhizkari, A. Mozaffari, M. M. & Hoseini Khodadadi, M. (2015). Econemic analysis of climate change on yield of irrigated wheat in Shahrood watershed. *Agricultural and Natural Resources journal*, (18), 88-100. (in Farsi)
41. Pérez Pastor, A., Ruiz Sánchez, M. C., Martínez, J. A., Nortes, P. A., Artés, F. & Domingo, R. (2007). Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(13), 2409-2415.
42. Rastegar, H., Daneshnia, A. A., Shahrokhnia, A. & Mehdizadeh, U. (1993). *Effect of different nitrogen and irrigation water on growth and chemical composition of sweet lime using drop irrigation in Jahrom*. (Final report. 72/143). Soil and Water Research Institute. 43. (in Farsi)
43. Ruiz Sánchez, M. C., Domingo Miguel, R. & Castel Sanchez, J. R. (2010). Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), S5-S20.

www.SID.ir

Archive of SID

44. Santos, F. L. (2018). Olive water use, crop coefficient, yield, and water productivity under two deficit irrigation strategies. *Agronomy*, 8(6), 1-17.
45. Tandon, H. L. S. (1998). *Method of analysis of soil. Plant. Waters and Fertilizer*. Development and Consultation Organization, New Delhi. India. 144p.
46. Tognetti, R., d'Andria, R., Lavini, A. & Morelli, G. (2006). The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea European* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*, 25(4), 356-364.
47. Torrecillas, A., Domingo, R., Galego, R. & Ruiz-Sánchez, M. C. (2000). Apricot tree response to with holding irrigation at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*, 85(3), 201-215.
48. Tuong, T. P. (2000). Productive water use in rice production: opportunities and imitations. *Journal of Crop Production*, 2(2), 241-264.
49. Upadhyay, R. K., Divividi, P. & Ahmad, S. (2010). Screening of antibacterial activity of six plant essential oils against pathogenic bacterial strains. *Asian Journal of Medical Sciences*, 2(3), 152- 158.
50. Zamani, A., Mortazavi, A. & Balali, H. (2014). Investigation of water productivity in different crop products in Dasht Bahar, *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(1), 51-61. (in Farsi)
51. Zwart, S. J. & Bastiaanssen, W. G. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115-133.

www.SID.ir