Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (427-440)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.273197.1579

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۴۴۰-۴۲۷)

تأثیر عمق و روش آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی خرمای هلیلی در میناب

یعقوبعلی کرمی*
مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک وآب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۱۰)

چکیده

به‌منظور بررسی سیستم آبیاری و مطالعه آب مورد نیاز خرما رقم هلیلی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول روش آبیاری به دو صورت (سطحی و قطره‌ای) بعنوان کرت اصلی و عامل دوم عمق آب آبیاری در دو سطح (۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A) به‌عنوان کرت فرعی بود. هر کرت آزمایشی شامل دو درخت شش ساله با فاصله‌ی هشت در هشت متر بود. صفات مورد بررسی شامل عملکرد، بهره‌وری آب گیاه، درصد قند کل محلول، متوسط وزن میوه، نسبت گوشت به هسته، درصد ماده خشک و درصد کل مواد جامد محلول بود. نتایج نشان داد، تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای با بالاترین متوسط بهره‌وری آب به‌مقدار ۰/۸۹ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی در مدت چهار سال و میانگین چهار ساله ۷۰۳۶ مترمکعب آب مصرفی در هکتار در سال، با توجه به چالش خشکسالی در سال‌های اخیر، در راستای اهداف کشاورزی پایدار بوده و قابل توصیه در منطقه است. این تیمار علاوه بر برتری در بهره‌وری آب گیاه و کمترین مقدار آب مصرفی، در همه صفات کیفی، به‌جز متوسط وزن میوه، نسبت به بقیه تیمارها برتری نشان داد.

واژه های کلیدی: **آبیاری سطحی و قطره‌ای، بهره‌وری آب، نیاز آبی.**

Effect of depth and method of irrigation on quantitative and qualitative yield of Halili date palm in Minab

Karami Yaghobali*
Research Instructor of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
(Received: Jan. 6, 2019- Accepted: March 30, 2019)

ABSTRACT

In order to study the irrigation system and investigate the water requirement of date palm (Halili cultivar) in Minab Agricultural Research Station, an experiment was conducted as split plot with three replications based on randomized complete blocks design. The first factor was the irrigation method in two levels (surface and drip) as main plot and the second factor was the depth of irrigation water in two levels (75 and 100 percent evaporation from class A pan) as sub-plot. Each experimental plot consisted of two six-year-old trees at a distance of eight by eight meters. The studied traits included yield, water productivity, total soluble sugar content, average fruit weight, meat to kernel ratio, dry matter percentage and total soluble solids content. The results showed that treatment with 75% drip irrigation with the highest mean of water productivity (0.89 kg/m^3) of water consumed over four years and an average of 7036 m^3 of water consumed per hectare per year according to the drought challenge in recent years has been consistent with agricultural goals and is recommended in the region. In addition to the superiority of water productivity and the lowest amount of water consumed, this treatment showed superiority in all qualitative traits, except of the average weight of fruits.

Keywords: Irrigation requierment, surface and drip irrigation, water productivity.

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

مقدمه

خرما (*Phoenix dactylifera* L.) یکی از قدیمی ترین گیاهان کاشته شده در جهان است و نام گیاه‌شناسی آن احتمالاً از نام فینیقی *Phoenix* به معنی خرما و *dactylifera*، از واژۀ یونانیdaktulos، به معنی انگشت (نشان‌دهندۀ شکل میوه)، گرفته شده (Benamor *et al*., 2014) و به‌عنوان دومین محصول باغی ایران معرفی شده است (Marsafari & Mehrabi, 2013). گستره کشت خرما در جهان از مراکش در غرب تا هند در شرق بین عرض‌های ۱۵ تا ۳۵ درجه شمالی کشیده شده است (Carr, 2013). براساس گزارش اکونومیک در سال ۲۰۱۷، ایران با تولید ۹۴۷۸۰۹ تن خرما در جهان، بعد از مصر در بین ۱۰ کشور تولیدکننده برتر خرما در جایگاه دوم قرار گرفته (World Atlas, 2017) که نشانگر اهمیت این محصول در کشور است. همواره خرما یک محصول اقتصادی بوده که در توسعه صادرات و اقتصاد خانوار روستایی نقش مهمـی داشته و نخل‌ها نه تنها غذا و تغذیه را برای انسان و حیوانات مهیا کرده اند، بلکه به‌عنوان منابع مواد مورد نیاز، برای ساخت خانه و همچنین وسایل خانگی به‌کار رفته‌اند. آنچه مسلم است کشت خرما به‌عنوان یک صنعت پرقدرت، سهم قابل توجهی در بهبود و حفظ معیشت مردم در مناطق فقیر روستایی دارد (Carr, 2013).

استان هرمزگان در جنوب ایران یکی از مناطق ویژه تولید خرما می‌باشد. براساس آمار منتشر شده، از ۲/۳ میلیون هکتار سطح بارور باغ‌های کشور، سهم اختصاص یافتـه به میوه‌های نیمه‌گرمسیری ۲۸/۸ درصد، میوه‌های گرمسیری ۰/۴ درصد و خرما ۸/۶ درصد بوده است. مقدار تولید محصولات باغبانی کشور نیز در این سال، ۱۹/۳۸ میلیون تن بوده که ۳۶/۷ درصد آن، به میوه‌های نیمه‌گرمسیری، ۱درصد به میوه‌های گرمسیری و ۵/۵ درصد به خرما تعلق داشته است. در این سال، سطح زیر کشت خرما در استان هرمزگان، حدود۳۵۰۰۰ هکتار و مقدار تولید آن حدود۱۲۷۰۰۰ تن بوده است (Ahmadi *et al*., 2016). خرمای رقم هلیلی از دیرباز در منطقه میناب کشت می‌شده و یکی از دیررسترین خرماها در منطقه میناب است که زمان رطب شدن آن بعد از اوج گرما، رطوبت بالا و شرجی منطقه است. این شرایط باعث ترشیدگی و خراب‌شدن میوه‌های اکثر ارقام خرمای زودرس می‌گردد. به همین دلیل خرمای این ارقام اغلب به مصرف دام‌ها می‌رسد. حال آنکه خرمای هلیلی به‌دلیل دیررس بودن و عبور از این مرحله حاد، میزان ترشیدگی آن بسیار کم و مصرف خوراکی دارد و تولید آن در منطقه بسیار اقتصادی است.

کشور ایران به‌دلیل واقع‌شدن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، توزیع نامناسب بارندگی و تبخیر و تعرقی بیش از سه برابر متوسط جهانی، جزو مناطق همراه با چالش جدی کم آبی به‌شمار می‌آید. از طرفی در شرایط فعلی بیش از ۹۰ درصد از آب کشور، در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد (Morsali *et al*., 2017). بنابراین تدبیر در چگونگی ارتقای بهره‌وری و مدیریت آب، کشاورزی را با اهمیت‌تر نموده و آن را در جایگاه خاصی قرار می‌دهد (Zamani *et al*., 2014; Haghighi *et al*., 2015). از طرفی برآورد دقیق آب مورد نیاز گیاه، باعث بهبود مدیریت آبیاری می‌گردد (Morgan *et al*., 2006; Gutierrez *et al*., 1994). براساس گزارش Kassem (2007) آب آبیاری مصرفی نخیلات توسط کشاورزان عربستان سعودی ۹ برابر بیشتر از نیاز آبیاری مطلوب است که خود مهمترین عامل کمبود آب است. اوضاع در دیگر مناطق خرماخیز دنیا نیز تقریباً به همین‌گونه است. بر این اساس بهبود بهره‌وری آب (Water Productivity= WP) به‌عنوان یک هدف مهم برای غلبه بر کمبود آب است (Ruiz Sánchez *et al*., 2010) و برنامه ریزی مؤثر آبیاری و استفاده از سیستم‌های آبیاری مدرن، دو گزینه ممکن برای بهبود این بهره‌وری است (Nagaz *et al*., 2017). بهره‌وری آب در واقع به صورت نسبت وزن محصول قابل فروش (Ya) به حجم آب مصرف شده توسط محصول (ETa) با استفاده از رابطه (۱) تعریف می‌شود (Geerts & Raes, 2009).

$$WP\ (kg/m^3) = Ya\ /Eta \qquad (۱)$$

بر همین اساس و با توجه به این‌که اولین و مهمترین عامل محدودیت در تولید خرما در اغلب مناطق خرماخیز دنیا کمبود آب است، محققین بسیاری در دنیا تحقیقاتی

را در این زمینه روی این گیاه انجام داده‌اند، اما سهم محققین کشور ما در این زمینه علیرغم مشکلات زیاد بسیار اندک است. در آزمایشی در منطقه جهرم روی نخل شاهانی با استفاده از دور یکروز در میان در ایام گرم و خشک سال و دور سه تا چهار روزه در ایام سرد و خشک با مصرف حدود ۱۰۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار به عملکرد ۷ تن در هکتار دست یافتند (Daneshnia & Rastegar, 1999). در استان هرمزگان، با اعمال دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای و دو مقدار آب (۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) روی خرمای پیارم، اختلاف معنی‌داری در عملکرد میوه، صفات رویشی و سطح سایه‌انداز مشاهده نشد (Mohebi & Alihouri, 2013). با انجام آزمایشی در استان فارس روی خرمای شاهانی، بیشترین عملکرد میوه و بهره‌وری مصرف آب، با آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب در فصل بهار و بقیه‌ی ایام سال حاصل شد (Rastegari & Zargari, 2011). نتایج آزمایشی روی خرمای پیارم در شمال استان هرمزگان نشان داد که بیشترین بهره‌وری مصرف آب، در استفاده از تیمار آبیاری ۷۵ درصد قطره‌ای به‌دست آمده است (Alihouri & Tishehzan, 2011). براساس گزارش نتایج یک آزمایش روی خرمای مضافتی بم، آبیاری به‌مقدار ۸۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان یک روش مدیریتی در آبیاری نخلستان‌های بم توصیه گردید. در این آزمایش تیمارهای اعمال شده، تأثیر معنی‌داری بر رطوبت، مواد جامد محلول و قند کل میوه نداشتند (Farzamneya & Ravari, 2005). انجام آزمایشی دیگر روی خرمای مضافتی نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری (سطحی و قطره‌ای) بر ارتفاع درخت و متوسط طول برگ معنی‌دار نبود، ولی بر تعداد برگ‌ها معنی‌دار بود. براساس نتایج این آزمایش، روش آبیاری قطره‌ای به‌دلیل مصرف آب کمتر و بیشترین رشد رویشی به‌عنوان بهترین تیمار معرفی گردید (Ghafarinejad, 2001). در دیگر نقاط خرما خیز دنیا از جمله عراق، آزمایشی جهت تعیین نیاز آبی پنج رقم خرما انجام شد و نیاز آبی خرما ۱۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد (Abou-Khaled *et al*., 1982). در منطقه دیربا نزدیک ریاض در عربستان سعودی با اعمال سه تیمار رژیم رطوبتی روی خرما رقم سلگ (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد تبخیر و تعرق) و سه روش آبیاری تشتکی، بابلر و قطره‌ای مشاهده شد که با افزایش مقدار آب، عملکرد نیز افزایش می‌یابد (Al-Amoud *et al*., 2000). گزارش شده است نیاز آبی نخل بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع است (Doorenbos & Pruit, 1988). به‌طور کلی نیاز آبیاری خرمای کشورهای مختلف که بوسیله FAO تخمین زده شده، تفاوت‌های زیادی را در بین کشورها نشان می‌دهد. این مقادیر از ۱۳۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار در مراکش تا ۲۷۰۰۰ تا ۳۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار در کالیفرنیا متغیر است. نیاز آبیاری خرما در الجزایر از ۱۵۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار، در مصر ۲۲۳۰۰ مترمکعب در هکتار، در تونس ۲۳۶۰۰ مترمکعب در هکتار، در هند ۲۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار، در عراق ۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار، در اردن ۲۵۰۰۰ تا ۳۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار و در آفریقای جنوبی ۲۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد شده است (Abdul Salam & Al Mazrooei, 2006). گزارشات فوق حاکی از آن است که تعیین مقدار دقیق نیاز آبی خرما در هر منطقه و استفاده از سیستم‌های مدرن آبیاری، ابزاری لازم برای کاهش محدودیت‌های آبی و لازمه برنامه‌ریزی آبیاری است. این آزمایش به‌دلیل اقتصادی بودن تولید خرمای هلیلی و با تکیه بر دو گزینه فوق با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب، گسترش سطح زیر کشت و افزایش بهره‌وری آب، برای اولین بار در این منطقه به اجرا درآمد.

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 جغرافیایی۲۷/۱۴ درجه) است که به عنوان یکی از قطب‌های تولید خرمای کشور (شکل ۱) شناخته شده است. خاک منطقه از لحاظ رده‌بندی، جزو خاک‌های *Typic torripsamments* و به رنگ قهوه‌ای روشن با بافت سیلتی لومی تا شنی لومی با ساختمان اغلب تک‌دانه است.

شکل ۱. نقشه پراکنش خرما در ایران (Shafiyan, 2017)
Figure 1. Distribution map of Iran's date palm (Shafiyan, 2017)

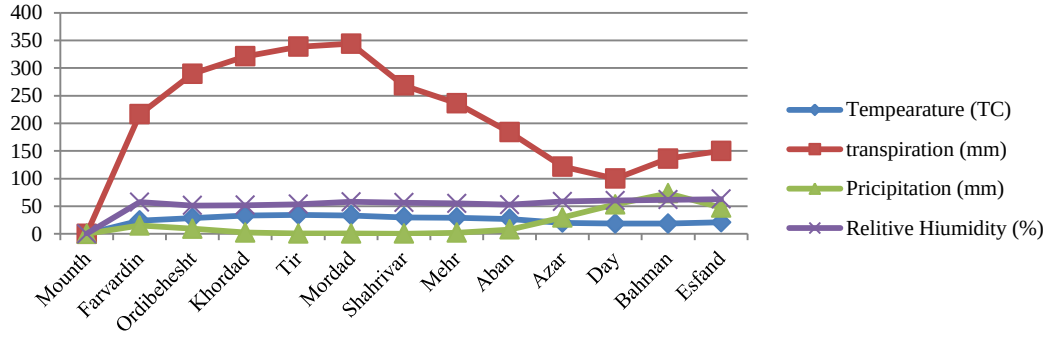
کلاس خاک محل اجرای آزمایش جزو اراضی کلاس II و به‌ندرت I است که درصد عمده‌ای از خاک‌های منطقه را شامل می‌شود (Fahimi, 1963). براساس اطلاعات یک دوره بیست ساله هواشناسی، پرباران‌ترین ماه‌های سال در این شهرستان، دی و بهمن، کم‌باران‌ترین ماه‌های سال، خرداد، تیر، مرداد و شهریور و متوسط بارندگی بیست سالهٔ این ایستگاه نیز کمتر از ۲۲۰ میلی‌متر است. میانگین دمای منطقه در این دوره بیست ساله حدود ۲۷ درجه سلسیوس، حداکثر مطلق دما ۴۶ درجه در تیر و مرداد ماه و حداقل مطلق آن ۶/۹ درجهٔ سلسیوس در دی ماه و میانگین تبخیر این ایستگاه ۲۷۱۰ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۲).

نمونه برداری خاک و آب

قبل از شروع آزمایش، از 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 (پتاسیم، فسفر، نیتروژن، 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).

انجام آزمایش مزرعه‌ای و اعمال تیمارها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت های خرد شده با دو عامل روش آبیاری در دو سطح (سطحی و قطره‌ای) به عنوان کرت اصلی و عامل عمق آب آبیاری در دو سطح (۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) روی ۲۴ اصله نخل هلیلی ۶ ساله به‌فواصل ۸×۸ متر به‌مدت ۶ سال به‌اجرا درآمد. هر کرت آزمایشی شامل دو درخت بود. دور آبیاری در روش قطره‌ای یک‌روز در میان و در روش سطحی ۷ روزه بود. در سراسر دوره رشد گیاه، در روش آبیاری قطره‌ای، آبیاری با استفاده از قطره چکان‌های هشت لیتر در ساعت (هشت قطره چکان به ازای هر درخت) به‌صورت لوپ در اطراف درخت با دور یک روز در میان انجام شد. از نظر تامین عناصر غذایی در سال اول اجرای آزمایش مقدار ۲۲۰ گرم نیتروژن از منبع اوره، ۹۰ گرم فسفر (P_2O_5) از منبع فسفات آمونیوم و ۲۰۰ گرم پتاسیم (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم به‌ازای هر درخت مصرف شد. در سال‌های بعد سالانه به این مقادیر به‌ترتیب مقدار ۱۰۰، ۶۰ و ۱۰۰ گرم تا پایان اجرای آزمایش افزوده شد. مصرف کودها در هر سال در دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول در اواخر بهمن‌ماه هر سال، همه کود فسفری و پتاسیمی به همراه نصف کود نیتروژنی به‌علاوه مقدار ۳۰-۲۰ کیلوگرم کود آلی پوسیده و در مرحله دوم در فروردین ماه هر سال بقیه کود نیتروژنی مصرف شد. همه‌ساله گرده‌افشانی با گرده جرویوس نمره یک در بهمن‌ماه و اسفندماه، هرس و بستن خوشه‌ها در اردیبهشت‌ماه و خردادماه، برداشت و توزین محصول در مرحله رطب در نیمه دوم مهرماه صورت گرفت. مقدار آب آبیاری هر تیمار در هر نوبت توسط کنتور حجمی ۲/۵ لیتر در ثانیه کنترل و ثبت شد. از محصول هر تیمار، هر سال نمونه‌ای تهیه و جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه فرستاده شد.



شکل ۲. متوسط برخی داده‌های هواشناسی میناب در یک دوره بیست ساله
Figure 2. Mean of main metrological data of Minab within 20 years

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	FC	N_t	O.C	K(Ava.)	P (Ava.)	pH	EC (dS/m)
	(%)			(w/w)		(%)		(ppm)			
0-30	21	56	23	7.3	19.6	0.015	0.29	270	13	8.5	1.7
30-60	17	48	35	6.5	15.7	0.023	0.15	230	12	8.3	3.5

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^{1-}	Sodium adsorption ratio	pH	EC (µS/m)
(meq/l)									
8.7	4.3	13	3.5	3	0.6	5.9	5.9	8.5	1400

صفات مورد بررسی شامل عملکرد، بهره‌وری آب، درصد قند کل محلول، متوسط وزن میوه، نسبت گوشت به هسته، درصد ماده خشک و درصد کل مواد جامد محلول بود. در زمان برداشت محصول، میزان عملکرد هر درخت از طریق توزین خوشه‌های آن تعیین شد. سپس با انتخاب تصادفی ۱۰۰ عدد میوه از هر یک از درختان، خصوصیات کمی و کیفی میوه‌ها مانند مقدار pH به‌وسیله pH متر، مواد جامد محلول (TSS) توسط دستگاه رفرکتومتر و قند کل به‌روش فهلینگ اندازه‌گیری شد. نسبت وزن گوشت به هسته (M/K) از رابطه (۲) محاسبه شد (Kermani *et al.*, 2010):

$$\text{نسبت وزن گوشت به هسته} = \frac{\text{وزن هسته} - \text{وزن میوه}}{\text{وزن هسته}} \quad (۲)$$

نحوه محاسبه آب آبیاری براساس تبخیر و تعرق پتانسیل توصیه‌شده توسط F.A.O (Doorenbos & Pruit, 1988) بود. ابتدا مقدار تبخیر- تعرق سطح مرجع (ET_0) از روش تشتک تبخیر کلاس A با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$ET_0 = Ep \times Kp \quad (۳)$$

آن‌گاه تبخیر و تعرق استاندارد گیاه (ET_C) از رابطه (۴) با استفاده از k_c (فاکتور گیاهی) که در این آزمایش به‌طور متوسط ۰/۸۵ در نظر گرفته شد محاسبه شد.

$$ETc = ET_O \times k_c \quad (۴)$$

مقدار آب لازم برای هر درخت براساس رابطه (۵) محاسبه شد.

$$q = ET_c \times S/\ 1000 \quad (۵)$$

در این روابط:
Ep: تبخیر از تشتک کلاس A (mm)، Kp: ضریب تشتک تبخیر کلاس A براساس میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد ۲۴ ساعته، ETo: تبخیر و تعرق استاندارد سطح مرجع (mm)، F.A.O (Doorenbos & Pruit, 1988)، S: مساحت اشغال‌شده توسط یک درخت (m^2) با توجه به درصد پوشش و q: حجم آب لازم برای هر درخت (m^3/day) است. راندمان آبیاری در روش قطره‌ای، ۹۰ درصد و در روش سطحی ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. اطلاعات دو سال اول آزمایش قابل تجزیه آماری

نبود، بنابراین فقط از اطلاعات به‌دست‌آمده در چهار سال آخر آزمایش استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در هر سال نرمال‌بودن داده‌ها (چهار سال آخر آزمایش) ابتدا با آزمون شاپیرو- ویلک بررسی شد. سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 و طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در هر سال جداگانه و به‌صورت تجزیه مرکب چهار ساله انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

آب مصرفی

به‌طور میانگین آب مصرفی تیمار ۱۰۰ درصد سطحی ۱۵۷۴۱ مترمکعب در هکتار و تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای ۸۵۳۶ مترمکعب در هکتار بود. اما این مقادیر در تیمار ۷۵ درصد سطحی به ۱۲۷۹۸ مترمکعب در هکتار و در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به ۷۰۳۶ مترمکعب در هکتار تقلیل یافت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که در همه صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین سال‌های آزمایش وجود داشت. اثرات انفرادی سطوح مختلف روش آبیاری بر همه صفات مورد بررسی و سطوح عمق آب آبیاری بر همه صفات مورد بررسی به‌جز درصد قند کل محلول، معنی‌دار شد. اثرات متقابل روش و عمق آبیاری بر همه صفات مورد بررسی، به‌جز بهره‌وری آب و درصد کل مواد جامد محلول معنی دار شد. اثرات متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر همه صفات مورد بررسی معنی‌دار شد (جدول ۴). بر این اساس، مقایسه میانگین اثرات متقابل سه فاکتور سال، روش آبیاری و عمق آب آبیاری بر صفات در نظر گرفته‌شده، مورد بررسی قرار گرفت.

عملکرد

در خصوص مقدار عملکرد در سال اول، بیشترین عملکرد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای (۶۳۳۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در استفاده از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای (۵۱۵۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. در این سال در روش آبیاری سطحی، با افزایش عمق آب آبیاری، مقدار عملکرد کاهش یافت، هر چند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. اما در روش آبیاری قطره‌ای این روند معکوس شد، به‌طوری‌که با افزایش عمق آب آبیاری، مقدار عملکرد نیز افزایش یافت، اما این افزایش نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود. این روند افزایش و کاهش عملکرد با افزایش عمق آب آبیاری همچون سال اول، در سال دوم نیز تکرار شد.

جدول ۳. میانگین مقدار آب ناخالص آبیاری (GWI)، درصد رطوبت وزنی خاک (قبل و بعد از آبیاری) در اعماق مختلف (SMC)، آب مصرفی "آب ناخالص آبیاری + بارندگی" (WC)، بهره‌وری آب (WP)، تعداد آبیاری در سال (NIY) و متوسط برخی داده‌های هواشناسی چهار سال آزمایش

Table 3. Average value of Gross Water Irrigation (GWI), Water Consumption “Gross Water Irrigation + Rainfall” (WC), Water Productivity (WP), Number of Irrigation/ Per Year (NIY), Soil Moisture Content (before and after irrigation) in different depths (SMC) and some meteorological data for four years

Treatment	GWI (ha/m^3)	SMC (%)			WC (ha/m^3)	WP (kg/m^3)	NIY	Average meteorological data			
		Depth (cm)	After irrigation	Before irrigation				Relative humidity (%)	T (°C)	Rainfall (mm)	Evaporation from class A pan/year (mm)
Surface 100%	13083	0-30	14.16	9.12	15741	0.56	48	57	23.7	266	2531
		30-60	11.75	10.33							
		60-90	12.28	11.33							
		90- 120	11.21	11.0							
Surface 75%	10136	0-30	15.69	9.97	12798	0.67					
		30-60	12.37	11.63							
		60-90	11.74	12.33							
		90- 120	11.15	10.57							
Drip 100%	5875				8536	0.81	167				
Drip 75%	4374				7036	0.89					

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر روش و عمق آب آبیاری بر عملکرد (Yield)، درصد قند کل محلول (TSU)، متوسط وزن میوه (AFW)، درصد کل مواد جامد محلول (TSS)، نسبت گوشت به هسته (M/K)، بهره‌وری آب (WP) و درصد ماده خشک (DMP) خرمای هلیلی طی چهار سال

Table 4. Results of compound variance analysis effect of method and irrigation water on yield, total sugar (TSU), average fruit weight (AFW), total soluble solid (TSS), meat to kernel ratio (M/K), water productivity (WP) and dry matter percentage (DMP) of Halili date palm during four years

Source of variation.	df	Mean Square						
		Yield	TSU	AFW	TSS	M/K	WP	DMP
Y	3	52258146 **	74.44747 **	8.667025 **	103.0603 **	227.443 **	0.80577528**	976.429 **
Error Y	8	58147	0.439583	0.01515	1.691825	0.03039	0.00226233	0.01367
A	1	50898483 **	2.955169 **	8.704033 **	36.2095021 **	8.79797 **	4.03100208**	3.54797 **
Y × A	3	7839956 **	2.162174 **	2.132494 **	4.7021521 ns	9.18686 **	0.25364292**	8.14224 **
Error A	8	61042	0.245179	0.003467	1.6796208	0.02859	0.00207608	0.00212
B	1	2996001 ns	0.119002 ns	5.031075 **	28.5054187 **	0.25667 **	0.58565008**	4.314 **
Y × B	3	2324483 **	13.04159 **	3.520114 **	31.9263354 **	1.22408 **	0.01426114**	10.5464 **
A × B	1	387361 **	25.62302 **	0.27 **	4.3140021 ns	0.06825 **	0.00000833ns	47.1042 **
Y × A × B	3	7561440 **	24.61934 **	1.005683 **	9.4406632 **	1.24134 **	0.09867050**	14.9362 **
Error	16	34806	0.05891	0.010246	1.6971521	0.00372	0.00136679	0.0068
CV		2.44	0.64	0.81	3.01	0.3	3.495995	0.17

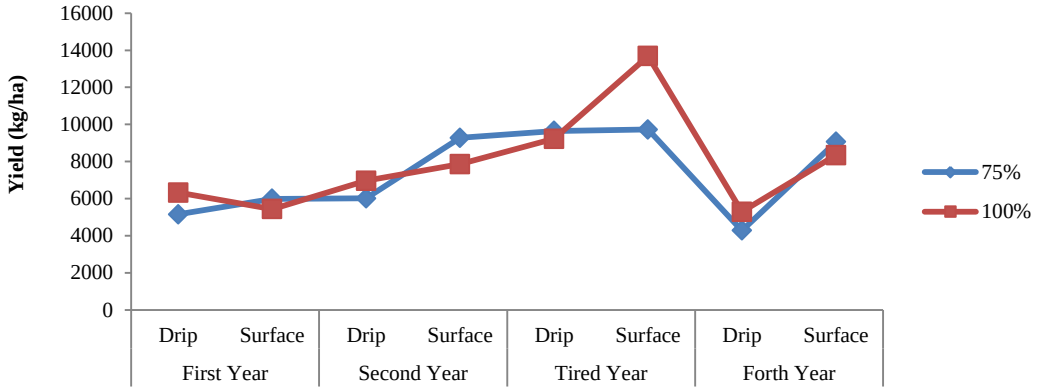
*، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% of probability levels and non- significantly differences, respectively.
Y:Year, A:Irrigation depth & B:Irrigation method

در این سال بیشترین مقدار محصول از تیمار ۷۵ درصد سطحی به مقدار ۹۲۸۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار عملکرد در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای (۶۰۱۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. در سال سوم اجرای آزمایش با افزایش عمق آب آبیاری، در روش آبیاری سطحی مقدار عملکرد نیز افزایش یافت، حال آن‌که در روش آبیاری قطره‌ای با افزایش عمق آب آبیاری، مقدار عملکرد کاهش یافت. بیشترین مقدار محصول در سال سوم از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی به مقدار ۱۳۶۹۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار محصول از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای به مقدار ۹۲۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در سال آخر اجرای آزمایش، همچون سال اول و دوم اجرای آزمایش در روش آبیاری سطحی با افزایش عمق آب آبیاری، مقدار عملکرد کاهش یافت اما در روش آبیاری قطره‌ای این روند معکوس شد، به‌طوری‌که با افزایش عمق آب آبیاری، مقدار عملکرد نیز افزایش یافت. در این سال بیشترین مقدار محصول از تیمار ۷۵ درصد سطحی به مقدار ۹۰۶۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار محصول از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به مقدار ۴۲۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۳). به‌طور کلی می‌توان اظهار کرد که فاکتور عمق آب آبیاری در هر دو روش آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشت. اما با افزایش عمق آب آبیاری در روش آبیاری سطحی به‌جز سال سوم مقدار محصول کاهش و در روش آبیاری قطره‌ای مقدار محصول افزایش یافت هر چند این تغییرات از نظر آماری معنی دار نبودند. نتایج این آزمایش از نظر عدم تأثیر عمق آب آبیاری بر عملکرد، منطبق با نتایج (2013) Mohebbi & Alihouri روی خرما در شهرستان حاجی‌آباد واقع در استان هرمزگان و Alihouri & Tishehzan (2011) است. البته نتایج آزمایش Farzamnia & Ravari (2005) روی خرمای مضافتی در بم حکایت از تأثیر معنی‌دار مقدار آب آبیاری بر عملکرد خرما دارد.

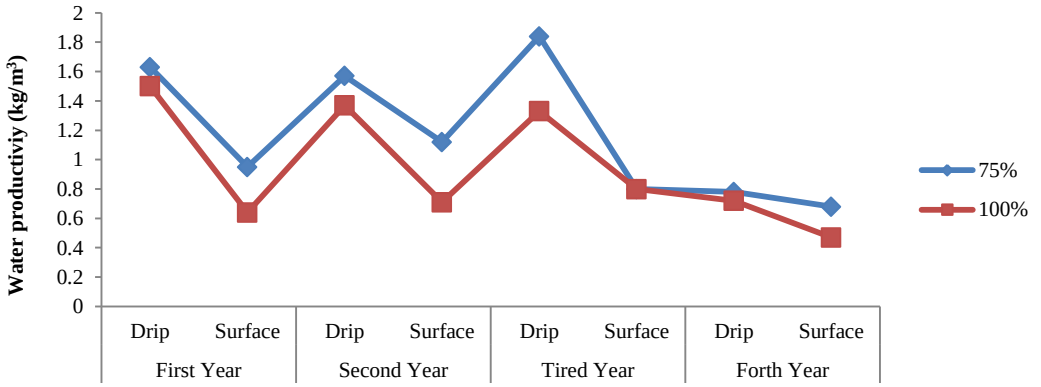
بهره‌وری آب گیاه (WP)

در هر چهار سال آزمایش، روش آبیاری قطره‌ای و عمق آب آبیاری ۷۵ درصد بیشترین مقدار WP را به خود اختصاص دادند. همچنین در تمام چهار سال در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای بیشترین مقدار WP و در تیمار ۱۰۰ درصد سطحی کمترین مقدار WP مشاهده شد. به‌طوری‌که بیشترین مقدار WP به‌ترتیب با ارقام ۱/۸۴، ۱/۶۳، ۱/۵۷ و ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب در سال‌های سوم، اول، دوم و چهارم در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای و کمترین مقدار WP به‌ترتیب با ارقام ۰/۴۷، ۰/۶۴، ۰/۷۱ و ۰/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب در سال‌های چهارم، اول، دوم و سوم در تیمار ۱۰۰ درصد سطحی مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آب آبیاری بر مقدار عملکرد (kg/ha) خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 3. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on the yield (kg/ha) of Halili date palm during four years of the experiment



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر بهره‌وری آب (kg/m^3) خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 4. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on water productivity (kg/m^3) of Halili date palm during four years of experiment

در آزمایشی روی درختان لیموترش در منطقه میناب، بهره‌وری مصرف آب به‌مقدار ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب برای صرفه‌جویی مصرف آب گزینه مناسبی معرفی گردید (Karami, 2020). براساس گزارش FAO (2008)، بیشترین مقدار بهره‌وری آب نخل با مقادیر ۱/۳ تا ۳/۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی در مصر به‌دست آمده که به‌طور معنی‌داری بیش از دیگر کشورهای خرماخیز است. براساس نتایج این آزمایش، با کاهش عمق آب آبیاری شاخص WP افزایش یافت. شاخص WP به‌مقدار زیادی در صورت کاهش مقدار آب آبیاری و عامل کم‌آبیاری می‌تواند افزایش یابد (Zwart & Bastiaanssen, 2004; Tuong, 1999). همان‌طورکه در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، میانگین آب مصرفی تیمار ۱۰۰ درصد سطحی ۱۵۷۴۱ مترمکعب در هکتار و تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای ۸۵۳۶ مترمکعب در هکتار بود. اما این مقادیر در تیمار ۷۵ درصد سطحی به ۱۲۷۹۸ مترمکعب در هکتار و در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به ۷۰۳۶ مترمکعب در هکتار تقلیل یافت. یعنی در روش آبیاری قطره‌ای مقدار مصرف آب نسبت به‌روش آبیاری سطحی به حدود ۶۰ درصد تقلیل یافت که این نشانگر اهمیت استفاده از سیستم‌های مدرن در افزایش بهره‌وری آب و کاهش هدر دادن آب است. بنابراین به‌نظر می‌رسد تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای، بالاترین بهره‌وری آب گیاه به مقدار ۰/۸۹ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی در چهار سال و کمترین مقدار مصرف آب (۷۰۳۶ متر مکعب در هکتار در سال) را به خود اختصاص داده

(جدول ۳) که با توجه به خشکسالی‌های سال‌های اخیر، در راستای بهبود بهره‌وری آب بوده و قابل ملاحظه است. از آنجایی که منابع آب در منطقه‌ی آسیای غربی و شمال آفریقا کمیاب است، تحقیق باید بر توسعه روش‌های بهبود بهره‌وری آب (نهاده بسیار ارزشمند)، تمرکز کند (Carr, 2013).

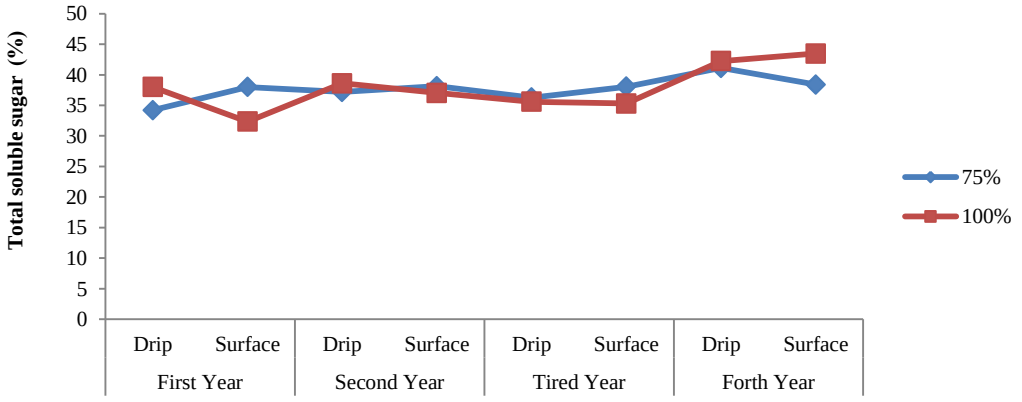
خصوصیات کیفی میوه

درصد قندکل محلول

از نظر مقدار درصد قند کل محلول، در سال اول بیشترین درصد قند کل محلول (۳۸ درصد) در استفاده از تیمارهای ۱۰۰ درصد قطره‌ای و تیمار ۷۵ درصد سطحی مشاهده شد و کمترین مقدار درصد قند کل محلول با رقم ۳۲/۳۳ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی مشاهده شد. در روش آبیاری سطحی، با افزایش مقدار مصرف آب، همچون عملکرد مقدار درصد قند کل محلول نیز کاهش یافت، هر چند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. اما در روش آبیاری قطره‌ای این روند معکوس شد، به‌طوری‌که با افزایش عمق آب آبیاری همچون عملکرد مقدار درصد قند کل محلول نیز افزایش یافت. البته این افزایش نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود. این روند افزایشی و کاهشی مقدار درصد قند کل محلول با افزایش مقدار مصرف آب در هر دو روش آبیاری همچون سال اول در سال دوم نیز تکرار شد. در سال دوم بیشترین درصد قند کل محلول در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای به مقدار ۳۸/۶۱ درصد و کمترین آن با رقم ۳۷/۰۴ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی به‌دست آمد. در سال سوم بیشترین درصد قند کل محلول در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی به مقدار ۳۸/۰۴ درصد و کمترین آن به مقدار ۳۵/۳۱ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی مشاهده شد. در سال آخر اجرای آزمایش بیشترین درصد قند کل محلول با رقم ۴۳/۴۷ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی و کمترین آن با رقم ۳۸/۳۹ درصد از تیمار ۷۵ درصد سطحی به‌دست آمد (شکل۵). به‌طورکلی میانگین‌های درصد قندکل محلول به‌جز سال چهارم، در بقیه سال‌ها تحت تأثیر معنی‌دار اثرات متقابل سه فاکتور قرار نگرفت و بر این اساس می‌توان در این صفت، تیمار ۷۵درصد قطره‌ای را با توجه به مصرف آب کمتر (جدول ۳) و بهره‌وری آب بیشتر به‌عنوان تیمار برتر معرفی نمود. نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش Farzamnia & Ravari (2005) مطابقت دارد.

متوسط وزن میوه

از نظر مقدار متوسط وزن میوه، در سال اول بیشترین مقدار متوسط وزن میوه در استفاده از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای (۱۲/۱۴ گرم) و کمترین آن با رقم ۱۰/۵۹ گرم در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای مشاهده شد. در سال دوم بیشترین و کمترین مقدار متوسط وزن میوه با ارقام ۱۳/۲۰ گرم و۱۱/۷۰ گرم به‌ترتیب در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد قطره‌ای مشاهده شد.



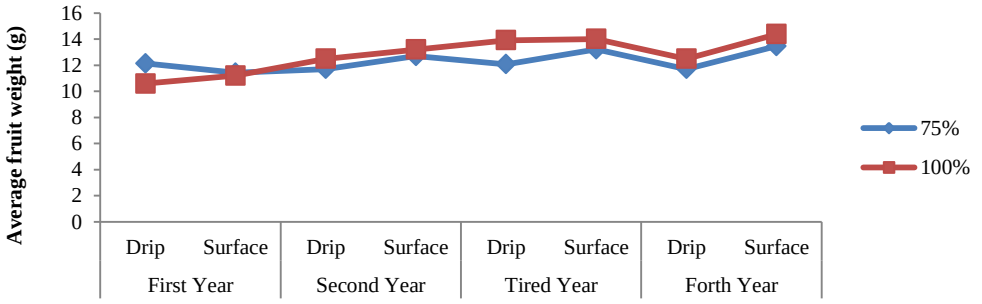
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر درصد قند کل محلول خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 5. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on total soluble sugar content (%) of Halili date palm during four years of the experiment

در سال سوم بیشترین و کمترین متوسط وزن میوه با ارقام ۱۴/۰۱ گرم و ۱۲/۰۷ گرم به‌ترتیب در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد قطره‌ای به‌دست آمد. در سال آخر اجرای آزمایش بیشترین و کمترین متوسط وزن میوه با مقادیر ۱۴/۳۸ و ۱۱/۷۰ گرم به‌ترتیب در استفاده از تیمارهای ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد قطره‌ای مشاهده شد. به‌طورکلی، بیشترین و کمترین مقدار متوسط وزن میوه در سه سال آزمایش به‌ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد قطره‌ای به‌دست آمد (شکل ۶)، که دلیل آن می‌تواند افزایش جذب آب و مواد غذایی در تیمار ۱۰۰ درصد سطحی باشد. تنش آبی، جذب آب و مواد غذایی را کاهش می‌دهد (Homai, 2002; Shani & Dodeli, 2001). در تونس استرس آب، باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه شد (Nagaz *et al.*, 2017). نتایج آزمایشی روی زیتون حاکی از حصول بیشترین وزن و طول میوه زیتون با به‌کارگیری تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق) می‌باشد (Gholami *et al.*, 2017). براساس نتایج آزمایشی روی سیب نیز، اعمال تنش آبی بر درختان منجر به کاهش معنی‌دار وزن، حجم و قطر میوه شد (Hassani *et al.*, 2007). نتایج آزمایشی روی خرما نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر خصوصیات کیفی میوه تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (Alihori & Haghayeghi Moghadam, 2011). براساس نتایج آزمایشی دیگر نیز، تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف آب آبیاری بر متوسط وزن میوه خرما بوجود نیامد و مصرف زیاد آب در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۷۵ درصد، موجب نشد تا هر دو رقم خرما از نظر صفات کمی نسبت به تیماری که کمترین آب را دریافت نموده بود برتری داشته باشند (Salamati & Dehghani Sanig, 2017).

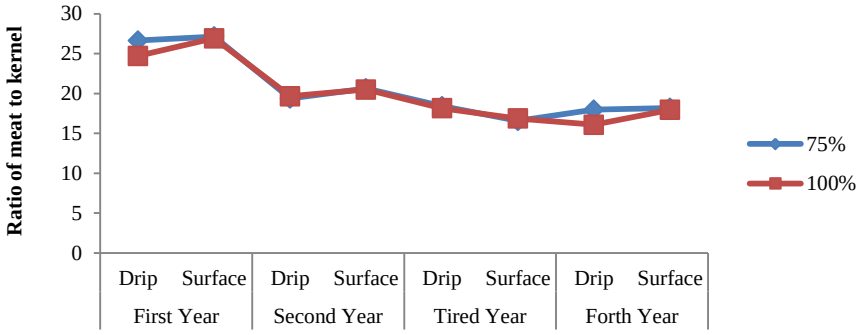
نسبت گوشت به هسته

از نظر نسبت گوشت به هسته، به‌جز سال سوم در سال‌های دیگر اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها بوجود نیامد. در سال اول بیشترین نسبت گوشت به هسته در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی به مقدار ۲۷/۱۴ درصد و کمترین آن به مقدار ۲۴/۷۲ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای مشاهده شد. در هر دو روش آبیاری، با افزایش مقدار مصرف آب، نسبت گوشت به هسته کاهش یافت، هر چند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. این روند کاهشی مقدار نسبت گوشت به هسته با افزایش عمق آب آبیاری، در سال دوم در روش آبیاری سطحی نیز تکرار شد اما در روش آبیاری قطره‌ای با افزایش عمق آب آبیاری نسبت گوشت به هسته افزایش یافت. در سال دوم بیشترین نسبت گوشت به هسته (۲۰/۶۴ درصد) در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی و کمترین آن به مقدار ۱۹/۳۸ درصد در استفاده از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به‌دست آمد. در سال سوم بیشترین نسبت گوشت به هسته در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به مقدار ۱۸/۴۲ درصد و کمترین آن به مقدار ۱۶/۵۷ درصد در تیمار ۷۵ درصد سطحی مشاهده شد. در سال آخر اجرای آزمایش بیشترین نسبت گوشت به هسته با رقم ۱۸/۲۰ درصد از تیمار ۷۵ درصد سطحی و کمترین آن با رقم ۱۶/۰۸ درصد در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای به‌دست آمد (شکل ۷).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر مقدارمتوسط وزن میوه خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 6. Mean comparison interaction effect of the year, irrigation water method and depth on the average fruit weight of Halili date palm during four years of the experiment



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آب آبیاری بر نسبت گوشت به هسته خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش
Figure 7. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on the ratio of meat to kernel ratio of Halili date palm during four years of the experiment

ازآنجاکه به‌جز سال سوم در سال‌های دیگر تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها بوجود نیامد و در سال سوم نیز تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای با رقم ۱۸/۴۲ بیشترین نسبت گوشت به هسته را به خود اختصاص داد و از نظر مصرف آب این تیمار مقرون به‌صرفه‌ترین تیمار بود و بالاترین بهره‌وری آب را داشت می‌توان در این صفت، تیمار ۷۵درصد قطره‌ای را به‌عنوان تیمار برتر معرفی نمود. براساس نتایج آزمایشی روی خرما اثرسطوح آبیاری بر نسبت وزن گوشت میوه به هسته خرما معنی‌دار نشد. در این آزمایش بهترین تیمار آبیاری از نظر صفات کیفی تیمار سطح آبی ۷۵ درصد اعلام شد (Salamati & Dehghani Sanig, 2017)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

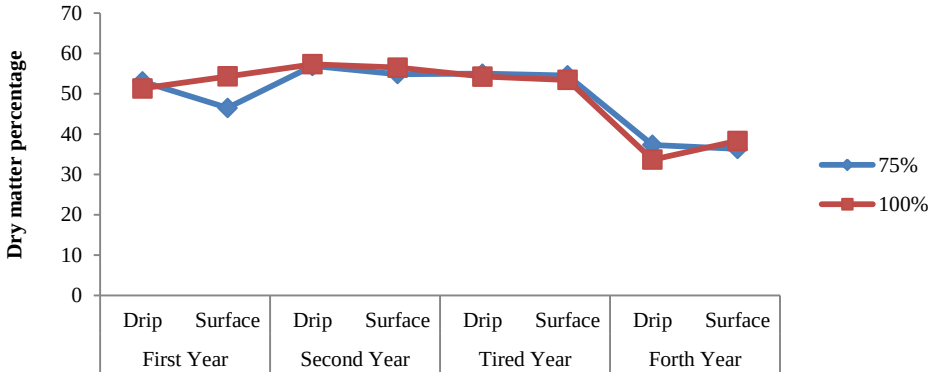
درصد ماده خشک

از نظر درصد ماده خشک، در تمام سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها بوجود نیامد. در سال اول بیشترین درصد ماده خشک در استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد سطحی (۵۴/۲۷ درصد) و کمترین آن به مقدار ۴۶/۴۷ در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی مشاهده شد. در این سال با افزایش عمق آب آبیاری، درصد ماده خشک در روش آبیاری سطحی افزایش، اما در روش آبیاری قطره‌ای کاهش یافت. در سال دوم استفاده از عمق آب بیشتر در هر دو روش آبیاری منجر به افزایش این صفت شد. بیشترین و کمترین درصد ماده خشک در سال دوم، با مقادیر ۵۷/۳۱ و ۵۴/۸۲ به‌ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد قطره‌ای به‌دست آمد. در سال سوم بیشترین و کمترین درصد ماده خشک با مقادیر ۵۴/۹۷ و ۵۳/۴۰ به‌ترتیب از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای و ۱۰۰ درصد سطحی به‌دست آمد. در سال سوم استفاده از عمق آب بیشتر در هر دو روش آبیاری منجر به کاهش درصد ماده خشک شد. در سال آخر اجرای آزمایش بیشترین و کمترین درصد ماده خشک با مقادیر ۳۸/۳۰ و ۳۳/۶۵ به‌ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ درصد سطحی و ۱۰۰ درصد قطره‌ای به‌دست آمد (شکل ۸).

به‌طورکلی، ازآنجاکه از نظر درصد ماده خشک، در تمام سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها به‌وجود نیامد (مطابقت با نتایج Akhavan *et al.*, 2005)) می‌توان تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای را به‌دلیل اهمیت مصرف آب کمتر و بالاترین بهره‌وری آب به‌عنوان تیمار برتر در این صفت معرفی کرد.

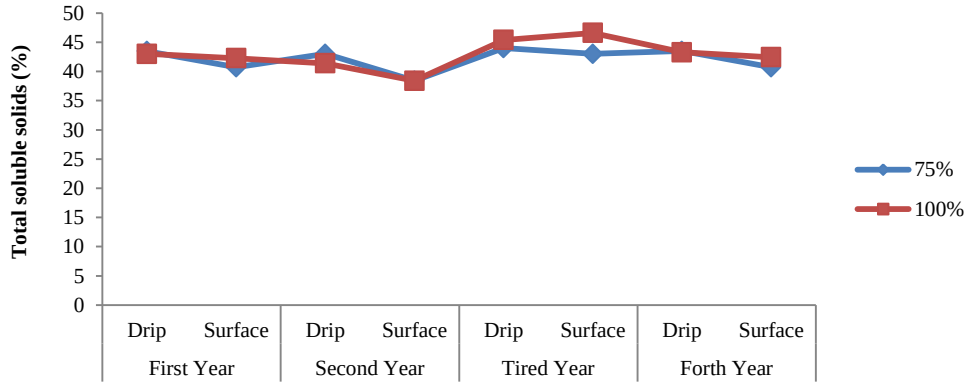
درصد کل مواد جامد محلول (TSS)

بیشترین و کمترین مقدار TSS در سال اول آزمایش، با مقادیر ۴۳/۴۷ و ۴۰/۷۰ درصد به‌ترتیب از تیمارهای ۷۵ درصد قطره‌ای و ۷۵ درصد سطحی به‌دست آمد. در سال دوم بیشترین TSS در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی به مقدار ۴۳/۴۷ و کمترین مقدار TSS در تیمارهای ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد سطحی به مقدار ۳۸/۴۰ درصد مشاهده شد. در سال سوم بیشترین و کمترین TSS با مقادیر ۴۶/۶۰ و ۴۳/۰۰ درصد به‌ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ درصد سطحی و ۷۵ درصد سطحی به‌دست آمد.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آب آبیاری بر درصد ماده خشک خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 8. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on dry matter percentage of Halili date palm during four years of the experiment



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، روش و عمق آب آبیاری بر درصد کل مواد جامد محلول (TSS) خرمای هلیلی طی چهار سال آزمایش

Figure 9. Mean comparison interaction effect of year, irrigation water method and depth on total soluble solids (TSS) of Halili date palm during four years of the experiment

در سال آخر اجرای آزمایش بالاترین مقدار TSS با رقم ۴۳/۴۹ درصد از تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای و کمترین مقدار TSS با رقم ۴۰/۷ درصد در استفاده از تیمار ۷۵ درصد سطحی به‌دست آمد (شکل ۹). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در سه سال از چهار سال آزمایش، تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای بیشترین TSS را به‌خود اختصاص داد. براساس نتایج آزمایشی، کاهش مصرف آب آبیاری از ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس به ۷۵درصد، باعث افزایش معنی‌دار TSS شد (Alibeygi *et al.*, 2018). در اسپانیا کاهش آب آبیاری لیمو، سبب افزایش TSS و کاهش ضخامت پوست میوه شد (Castel & Buj, 1990). در تونس استرس آب، باعث افزایش معنی‌دار TSS شد (Nagaz *et al.*, 2017).

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد، میانگین آب مصرفی تیمار ۱۰۰ درصد سطحی ۱۵۷۴۰ مترمکعب در هکتار و تیمار ۱۰۰ درصد قطره‌ای ۸۵۳۶ مترمکعب در هکتار بود. این مقادیر در تیمار ۷۵ درصد سطحی به ۱۲۷۹۷ مترمکعب در هکتار و در تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای به ۷۰۳۶ مترمکعب در هکتار تقلیل یافت. در واقع در روش آبیاری قطره‌ای مقدار مصرف آب نسبت به روش آبیاری سطحی به حدود ۶۰ درصد تقلیل یافت که این نشانگر اهمیت استفاده از سیستم‌های مدرن در افزایش بهروری آب و کاهش هدررفت آب است. بنابراین بنظر می‌رسد تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای با بالاترین متوسط بهره‌وری آب به مقدار ۰/۸۹

کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی در مدت چهار سال و میانگین چهار ساله ۷۰۳۶ متر مکعب آب مصرفی در هکتار در سال با توجه به خشکسالی سال‌های اخیر، در راستای اهداف کشاورزی پایدار بوده و قابل توصیه در منطقه است. تیمار ۷۵ درصد قطره‌ای علاوه بر برتری بهره‌وری آب گیاه و کمترین مقدار آب مصرفی، در همه صفات کیفی به‌جز متوسط وزن میوه نیز، نسبت به بقیه تیمارها برتری داشت.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران محترم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب، که اینجانب را در انجام این پژوهش یاری فرمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdul Salam, M. & Al Mazrooei, S. (2006). Crop water and irrigation water requirements of date palm (*Phoenix dactylifera*) in the loamy sands of Kuwait. In: Proceedings of *3th International Date Palm Conference*. Abu Dhabi, United Arab Emirates. 19 - 21 February. pp. 309-315.
2. Abou-Khaled, A., Chaudhry, S. A. & Abdel-Salam, S. (1982). Preliminary results of a date palm irrigation experiment in Central Iraq. *Date Palm Journal*, 1(2), 199-232.
3. 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. (In Farsi) From http://amar.maj.ir.
4. Akhavan, A., Mostafazadeh Fard, B., Moosavi, S. F., Ghadami Firoozabadi, A. & Bahrami, B. (2005). Effect of amount and irrigation method on yield, yield components and potato quality of Agria cultivar. *Agricultural Research, Soil and Plant Water in Agriculture*, 5 (2), 27-40. (in Farsi)
5. Al-Amoud, A. I., Fawzi, S., Mohammad, S., Al-Hamed, A. & Ahmed Alabdulkader, M. (2000). Reference evapo-transpiration and date palm water use in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 2(4), 155-169.
6. 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).
7. Alihouri, M. & Tishehzan, P. (2011). *The following watering schedule- Strategic Plan palm sector in the country*. Ahvaz. Kerdegar Press. (in Farsi)
8. Alihouri, M. & Haghayeghi Moghadam, S. A. (2011). The effect of irrigation amount and irrigation interval on qualitative and quantitative characteristics of fruit in palm cultivars. *Journal of Water and Soil Conservation Studies*, 18 (3), 101-116.
9. Benamor, B., Boughediri, L. & Chala, A. (2014). Selection of male date palms (*Phoenix dactylifera* L.) at" Daouia" station (Oued Souf, Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 29-37.
10. Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.): A review. *Experimental Agriculture*, 49(1), 91-113.
11. Castel, J. R. & Buj, A. (1990). *Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation*. *Irrigation Science*, 11(2), 121-127.
12. Daneshnia, A. & Rastegar, H. (1999). *The determination of the best irrigation interval and depth with drip method on Shahani Palm Cultivar*. (Final report of research project). Fars Agriculture Research Center. Shiraz, Iran. 23. (In Farsi).
13. Doorenbos, J. & pruit, W. D. (1988). *Guidines for predicting crop water requirments*, No.24. F.A.O.145p.
14. Fahimi, A. A. (1963). *Minab semi-detailed soil report*. Soil and Water Research Institute. 73. (in Farsi)
15. F. A. O. (2008). Irrigated date palm production in the Near East, Chapter 1. In: *Proceedings of Workshop on Irrigation of Date Palm and Associated Crops*. 2007, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Cairo, Egypt, 1-15.
16. Farzamneya, M. & Ravari, Z. (2005). The effects of deficit irrigation on yield and water use efficiency Mazafati Date in Bam city. *Scientific Journal of Agriculture*, 28(1), 79-86. (in Farsi)
17. 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.
18. Ghafarinejad, A. (2001). Research project to determine the best speed and depth of drip irrigation method Mazafati palm. City of Bam: Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. (In Farsi).
19. Gholami, R. A., Sarikhani, H & Arji, I. (2017). Effects of deficit irrigation on vegetative growth, yield and fruit quality in three olive oil cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(1), 191-201. (in Farsi)

20. 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.
21. 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)
22. Hassani, B., Arji, A., Ghamarnia, H. & Khalighi, A. (2007). Effect of irrigation deficit on reproductive and vegetative growth of apple trees. P737, In: Arvin, M. J., Omidbeygi, R., Tafazzoli, E., Hassanpour, A. & Rahemi, M. (eds.), p 737, In: Proc of. *The 5th Iranian Horticultural Science Congres*. Shiraz, Iran. (in Farsi)
23. Homai, M. (2002). The reaction of plants to salinity. Publishers. National Irrigation and Drainage Committee of Iran, No. 58. (in Farsi)
24. Karami, Y. (2020). The most suitable water use range in lime tree (*Citrus aurantifolia*) with drip irrigation method in Minab city. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(4), 779-790. (in Farsi)
25. Kassem, M. A. (2007). Water requirements and crop coefficient of date palm trees Sukariah CV. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 24, 339-359.
26. Kermani, A. M., Gazor H. R. & Sadeghi, A. (2010). Physical properties of Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruits. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 11(2): 85-94. (in Farsi)
27. Marsafari, M. & Mehrabi, A. A. (2013). Molecular identification and genetic diversity of iranian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars using ISSR and RAPD markers. *Australian Journal of Crop Science*, 7(8), 1160.
28. Mohebbi, A. & Alihouri, M. (2013). The effect of depth and irrigation on the productivity, yield and vegetative Palm Piarom. *Journal of Agricultural Water*, 27(4), 455-464. (in Farsi)
29. 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.
30. 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)
31. 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.
32. Rastegari, H. & Zargari, H. (2011). Effects of water stress on yield and quality of Shahani date. *7th Congress of Horticultural Sciences*. Iran, Isfahan University of Technology 1608-1610. (in Farsi)
33. 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.
34. Salamati, N. & Dehghani Sanig, H. (2017). The effect of different amounts of subsurface drip irrigation on yield and quality of two varieties of palm Kabkab and Zahedi. *Iran Water and Soil Research*, 48 (3), 543-554. (in Farsi)
35. Shafiyan, A. (2017). *Date palm*. Ministry of Agriculture. Department of Horticulture. Office of Tropical and Subtropical Fruits. (pp. 18-19). (in Farsi)
36. Shani, U. & Dudley, L. M. (2001). Field studies of crop response to water and salt stress. *Soil Science Society of America Journal*, 65(5), 1522-1528.
37. Tuong, T. P. (2000). Productive water use in rice production: *opportunities and imitations. Journal of Crop Production*, 2(2), 241-264.
38. Worldatlass. (2017). *Econemics. Leading Countries Growing Dates* (Fresh Date Palm Fruits). https://www.worldatlas.com/articles/world-leading-countries-growing-fresh-dates.html.
39. 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)
40. 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.