

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در مرحله قبل از برداشت بر عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب دو توده خربزه ایرانی

فرزاد تقدسی‌نیا^۱، زهرا قهرمانی^{۲*}، طاهر برزگر^۳، جعفر نیکبخت^۴، میترا اعلایی^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

* مسئول مکاتبه: Email: z.ghahremani@znu.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در مرحله قبل از برداشت بر عملکرد و کیفیت میوه دو توده خربزه ایرانی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو توده خربزه خاتونی و ایوانکی و سه سطح آبیاری بصورت قطع آبیاری، ۶۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. تیمارهای آبیاری ۱۵ روز قبل از برداشت میوه‌ها اعمال گردید. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری بطور معنی‌داری عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب را تحت تاثیر قرار داد. بیشترین عملکرد بوته (۱۱/۱ kg)، عملکرد بازار پسند بوته، درصد گوشت میوه (۵۷/۸) و ویتامین ث در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. بیشترین مواد جامد محلول میوه در توده ایوانکی تحت تیمار قطع آبیاری از بخش مزوکارپ نزدیک به نوک میوه (۱۱/۴۹%) و کمترین میزان آن در توده خاتونی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد از بخش مزوکارپ نزدیک دم میوه (۸/۱۷%) به دست آمد. حداکثر کارایی مصرف آب در توده ایوانکی (۵۱/۱۶ kg.m⁻³) در شرایط قطع آبیاری حاصل شد. میزان مواد جامد محلول از سمت نوک میوه به دم میوه کاهش یافت. از نظر صفات مورد مطالعه در بین توده خربزه تفاوت معنی‌داری وجود داشت و توده ایوانکی از عملکرد، کارایی مصرف آب و مواد جامد محلول و کیفیت بیشتری برخوردار بود. با توجه به نتایج، تیمار قطع آبیاری در مرحله قبل از برداشت با کاهش ۲/۹۵ درصد عملکرد، موجب بهبود مواد جامد محلول میوه و صرفه‌جویی در مصرف آب گردید.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بازار پسند، کارایی مصرف آب، کیفیت میوه، مواد جامد محلول، ویتامین ث

Effect of Different Irrigation Regimes at Pre-Harvest Stage on Yield, Fruit Quality and Water Use Efficiency of Two Iranian Melon Accessions

Farzad Taghadossinia¹, Zahra Ghahremani^{2*}, Taher Barzegar³, Jafar Nikbakht⁴, Mitra Aelaei²

Received: September 17, 2018 Accepted: October 23, 2019

1-MSc Student, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

4- Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*Corresponding Author Email: z.ghahremani@znu.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of different irrigation regimes at the pre-harvest stage on yield and fruit quality of two Iranian melon accessions, a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications during 2017 at Research Farm, Faculty of Agriculture, and University of Zanjan. Experimental treatments consisted of two melon accessions (Khatooni and Ivanaki) and three irrigation regimes (irrigation cut-off, 60% and 100 %ETc). Irrigation treatments were applied 15 days before harvesting. The results showed that irrigation regimes had significant effects on water use efficiency (WUE), fruit yield and quality. The highest plant yield (11.1 kg), fresh fruit percent (57.8%), and vitamin C content were obtained under 100% ETc treatment. The highest value of total soluble solid (TSS) was obtained in “Ivanaki” from the umbilicus part of the mesocarp (11.49%) under irrigation cut-off treatment and the lowest TSS (8.17%) was observed in the pedicel part of the mesocarp of “Khatooni” under 100% ETc irrigation. The highest value of WUE (51.16 kg.m⁻³) was achieved in “Ivanaki” under irrigation cut-off treatment. The amount of TSS decreased from umbilicus part to pedicel part of the mesocarp. Accessions had different yield and fruit quality and “Ivanaki” had higher yield, TSS and quality. According to the results, cut off irrigation treatment at the pre-harvest stage with 2.95% yield reduction improved fruit TSS and saved irrigation water.

Keywords: Fruit Quality, Market Function, Total Soluble Solids, Vitamin C, Water Use Efficiency

ارقام و توده‌های متنوع در سطح وسیعی در سراسر جهان کشت می‌شود. سطح زیر کشت خربزه در ایران ۷۶۸۱۶ هکتار و متوسط عملکرد آن ۱۹/۲۲ تن در هکتار

مقدمه

خربزه با نام علمی (*Cucumis melo*L.) یکی از سبزی‌های مهم خانواده کدوییان است که با دارا بودن

آبیاری می‌تواند مانع هدر رفت میزان قابل توجهی از آب آبیاری باشد اما ممکن است سبب کاهش عملکرد در برخی محصولات شود. در پژوهشی توسط برزگر و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی سه سطح آبیاری (۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) در خربزه خاتونی گزارش شد که با افزایش تنش خشکی، طول بوته و عملکرد به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با افزایش شدت تنش خشکی کاهش تعداد و وزن متوسط میوه در خربزه گزارش شده است (احمدی-میرآباد و همکاران ۲۰۱۴). در مقابل مطالعات روی گوجه‌فرنگی (پاتانه و همکاران ۲۰۱۱)، پیاز خوراکی (انسیسو و همکاران ۲۰۰۹) و سیب‌زمینی (جوانویس و همکاران ۲۰۱۰) نشان داد که تنش خشکی موجب ذخیره آب گردید بدون این که تأثیری روی عملکرد داشته باشد. مطالعات انجام شده توسط نصرآبادی و همکاران (۲۰۱۲) روی خربزه نشان داد که کاهش آبیاری در طول دوره رسیدن میوه اثر قابل توجهی روی عملکرد نمی‌گذارد. آبیاری اضافی در مرحله نزدیک به برداشت طالبی که موجب عملکرد مطلوب گردید باعث کاهش کیفیت طعم محصول و مقدار مواد جامد محلول شد (لستر و همکاران ۱۹۸۵). گزارش‌هایی نیز مبنی بر بهبود صفات کیفی در شرایط تنش خشکی وجود دارد. برای مثال در تحقیقی مشخص شد که تنش خشکی مواد جامد محلول را در هندوانه افزایش داد (کوسکو و همکاران ۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر نیز دلشاد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تنش خشکی درصد مواد جامد محلول و محتوای ساکارز را در توده‌های خربزه سوسکی و زرد جلالی افزایش داد.

در واقع هدف اصلی کم‌آبیاری افزایش راندمان کاربرد آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند (گیرتس و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به این که کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است و بیشتر مساحت ایران در مناطق خشک و نیمه خشک

است و با تولید ۱۴۷۶۸۰۱ تن بعد از چین و ترکیه رتبه سوم تولید در جهان را دارد (فائو ۲۰۱۴). اگر چه خربزه در مقایسه با سایر گیاهان جالیزی به آب کمتری نیاز دارد، ولی به علت دوره رشد طولانی و دمای بالا در مناطق خربزه کاری، مدیریت آبیاری و توجه به آبیاری منظم ضروری می‌باشد (لسکوار و پیسینی ۲۰۰۵).

کمبود آب به عنوان مهم‌ترین تنش غیر زنده محیطی در زندگی گیاهی است که در اثر گرم شدن جهانی کره-ی زمین و فعالیت‌های انسانی از قبیل استفاده بیش از حد از منابع آبی، آبیاری بیش از حد مجاز و زهکشی نامناسب در مناطق خشک و نیمه خشک به وجود می‌آید (خان و همکاران ۲۰۱۵) گزارش‌های زیادی مبنی بر تأثیر کمبود آب از چند نوبت تا تنش‌های شدید در رابطه با مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان (سینگ و پاتال ۱۹۹۶)، تغییر در متابولیسم نیتروژن، تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها، تجمع پرولین و کاهش تنظیم کننده‌های رشد وجود دارد. علاوه بر آن، تنش خشکی می‌تواند موجب کاهش در سرعت آسمیلاسیون دی‌اکسید کربن شود که در امتداد آن توزیع، تجمع و تحرک قندها نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (لستر و دونلاپ ۱۹۸۵). تنش خشکی موجب کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود و متابولیسم کربوهیدرات‌ها را مختل می‌کند که این امر به دلیل تأثیر روی فعالیت آنزیم اینورتاز است (فاروغ و همکاران ۲۰۰۸). آثار ناشی از کمبود آب در گیاه به گونه و ژنوتیپ، مدت زمان قرارگیری در معرض تنش و شدت کمبود آب، سن و مرحله نمو گیاه، اندام و نوع سلول گیاهی و ویژگی‌های ذاتی خاک بستگی دارد (صفرنژاد ۲۰۰۴). حساس ترین مرحله به کمبود آب در خربزه، مرحله گلدهی و تشکیل میوه است (فابیرو و همکاران ۲۰۰۲).

کم‌آبیاری نوعی مدیریت آبیاری است که در آن گیاه درجه معینی از تنش آبی را تحمل می‌کند. در چنین شرایطی هزینه مصرف آب کاهش یافته و درآمد بالقوه افزایش می‌یابد (وانگ و همکاران ۲۰۱۲) اگر چه کم-

با منابع آب محدود واقع شده‌اند، بهره‌وری از برنامه-ریزی دقیق‌تر جهت استفاده بهینه از منابع آب ضرورت دارد. بنابراین هدف از انجام این آزمایش در راستای این نکته است که تنش خشکی قبل از برداشت با استفاده کمتر از منابع آبی، می‌تواند خصوصیات کیفی میوه را بهبود بخشد بدون این که کاهش عملکرد قابل توجهی رخ دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار (پنج بوته در هر واحد آزمایشی)، اجرا گردید. تیمار آبیاری در کرت اصلی و توده در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هنگام آماده‌سازی زمین به میزان شش تن در هکتار کود دامی پوسیده استفاده گردید. خصوصیات خاک محل آزمایش و آمار هواشناسی فصل زراعی در جداول یک و دو ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

ماده- آلی (%)	کلسیم (mg.g ⁻¹)	پتاسیم (mg.g ⁻¹)	سدیم (mg.g ⁻¹)	نیترژن (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	(pH)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	بافت خاک
۰/۹۴	۱۲۰	۲۰۰	۱۳۰	۰/۰۷	۲۵	۳۸	۳۷	۷/۴	۱/۴۹	لوم رسی

جدول ۲- آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه زنجان در فصل زراعی ۱۳۹۶

پارامتر هواشناسی	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
بارندگی (mm)	۰/۰۱	۱/۱۱	۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲
میانگین دما (C)	۲۲/۹۴	۲۵/۷۱	۲۷/۶۸	۲۴/۷۹	۱۵/۷۳
دما حداقل (C)	۱۱/۲۹	۱۶/۸	۱۷/۶۱	۱۴/۶۸	۷/۸۹
دما حداکثر (C)	۳۲/۴۷	۳۲/۹۶	۳۶/۸۲	۳۵/۱۲	۲۵/۰۵

پس از آماده شدن زمین در تاریخ نهم خرداد ماه بذور دو توده خربزه ایرانی (خاتونی و ایوانکی) کشت گردید. بذر توده خاتونی از مشهد و بذر توده ایوانکی از گرمسار تهیه گردید. پس از سبز شدن بذور، عملیات تنک، خاکدهی پای بوته و هرس (حذف ساقه اصلی از بالای دو ساقه فرعی) انجام شد. پس از رشد و نمو میوه، تیمارهای آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و قطع آبیاری) در مرحله ۱۵ روز قبل از برداشت (این مرحله به صورت تجربی تشخیص داده شد) اعمال گردید به صورتی که در یک سری از گیاهان آبیاری به طور کامل قطع و در سری دوم و سوم

گیاهان، آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تا زمان برداشت انجام شد اعمال گردید. آبیاری گیاهان با روش آبیاری قطره‌ای و با توجه به شرایط آب و هوایی تا زمان اعمال تنش کم آبیاری با دور آبیاری ۴ روز یکبار (با سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری شدند) و بعد از اعمال تنش کم آبیاری هر ۳ روز یکبار انجام شد. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان و با استفاده از رابطه ۱ و ۲ مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) و گیاه خربزه (ET_C) محاسبه شد.

$$ET_C = ET_0 \times K_C \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

آبیاری (mm): f: دور آبیاری (روز): LR: نیاز آبتیابی (درصد): EC_{iw} : هدایت الکتریکی آب آبیاری (ds/m): $MaxEC_e$: حداکثر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که در آن تولید محصول به علت از بین رفتن گیاه صفر خواهد بود (ds/m): d: عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت آبیاری (mm): Eu : ضریب یکنواختی طراحی (درصد)، در این پژوهش $Eu=90\%$ در نظر گرفته شده است؛ G: حجم ناخالص آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری (lit): K: ضریب تبدیل واحدها، $K=1$ در سیستم واحدهای SI: S_p : فاصله بوته بر روی ردیف (m): S_r : فاصله ردیف‌ها (m) (کلر و بلیزنز ۱۹۹۱).

پس از محاسبه مقادیر ET_C مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه خریزه بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری برآورد شده و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده می‌شد. فاصله بین قطره چکان‌ها ۲۵ سانتی-متر بود که در واقع هر گیاه توسط دو خروجی آبیاری می‌گردید. برای محاسبه نیاز آبی به ازای هر بوته، مجموع آب داده شده در طول دوره رشد به هر بوته محاسبه گردید. نیاز آبی سایر تیمارها بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد (۱۰۰ درصد) و درصد کم‌آبیاری (۸۰ و ۶۰ درصد)، برآورد و توزیع شد.

صفات مورد ارزیابی

به منظور ارزیابی عملکرد بوته، تمام میوه‌ها با ترازوی دیجیتال وزن شدند و عملکرد بازارپسند بوته محاسبه گردید. جهت برآورد بازارپسندی، میوه‌های زیر یک کیلوگرم و میوه‌های بدشکل به منزله غیر بازارپسند و بالای یک کیلوگرم با شکل نرمال به منزله بازارپسند در نظر گرفته شدند (جوانپور و همکاران، ۱۳۹۴). پس از برداشت محصول، طول، عرض میوه و

ET_C : نیاز آبی خریزه (mm/day)، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm/day) و K_C : ضریب گیاهی خریزه (بدون واحد). R_n : تشعشع خالص در سطح گیاه ($MJ/m^2/d$): G: جریان گرمایی خاک ($MJ/m^2/d$): T: متوسط درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری ($^{\circ}C$): u_2 : سرعت باد اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۲ متری (m/sec): $e_a - e_d$: کمبود فشار بخار اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۲ متری (kpa): Δ : شیب منحنی فشار بخار ($kpa/^{\circ}C$): γ : ثابت سایکرومتری ($kpa/^{\circ}C$): ۹۰۰: ضریب برای گیاه مرجع ($kJ^{-1}kg^{\circ}Kd^{-1}$): ۰.۳۴: ضریب باد برای گیاه مرجع (sec/m): لازم به ذکر است که مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیث برآورد شد (وزیری و همکاران ۲۰۰۸) حجم روزانه آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری، با استفاده از روابط ۳ الی ۷ برآورد شد. حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری (دور آبیاری ۳ روزه بود) از تجمیع حجم‌های روزانه محاسبه شد. به‌منظور محاسبه سطح سایه‌انداز گیاه در طول دوره رشد گیاه، قطر سایه‌انداز در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد.

$$T_d = U_d \cdot (0.1 \times P_d^{0.5}) \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$d_n = T_d \cdot f \quad \text{(رابطه ۴)}$$

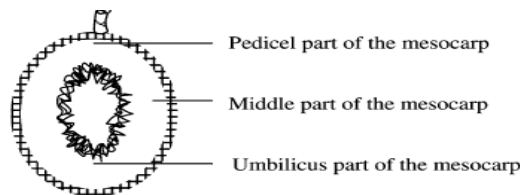
$$LR = \frac{EC_{iw}}{2(MaxEC_e)} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$d = \frac{100d_n}{Eu(1-LR)} \quad \text{(رابطه ۶)}$$

$$G = K \cdot d \cdot S_p \cdot S_r \quad \text{(رابطه ۷)}$$

T_d مقدار تعرق روزانه گیاه (mm/day): U_d : مقدار تبخیر-تعرق روزانه گیاه (mm/day): P_d : سطح سایه‌انداز (درصد): d_n : عمق خالص آبیاری در هر نوبت

برای تعیین درصد مواد جامد محلول در بخش‌های مختلف میوه، هر میوه به سه قسمت مزوکارپ نزدیک دم میوه (Pedicel part of the mesocarp)، مزوکارپ میانی (Middle part of the mesocarp) و مزوکارپ نزدیک نوک میوه (Umbilicus part of the mesocarp) تقسیم شد (شکل ۱) و نمونه‌برداری به روش بتچ (Batch) انجام شد، بدین معنی که یک نمونه ۲۲ میلی-متری به طور کامل از مزوکارپ هر سه بخش گرفته شد و سپس پوست حدود سه تا پنج میلی‌متر جدا شد و مقدار مواد جامد محلول با رفراکتومتر دستی بر اساس واحد بریکس (Brix) بیان شد.



شکل ۱- بخش‌های نمونه‌برداری شده از بافت میوه

خشک شدن به منظور ارزیابی وزن خشک، نمونه‌ها دوباره وزن شدند. در نهایت با تقسیم وزن خشک بر وزن تر و ضرب حاصل به ۱۰۰، درصد وزن خشک به دست آمد.

$$\text{درصد وزن خشک میوه} = \frac{[\text{وزن تر میوه}]}{[\text{وزن خشک میوه}]} \times 100 \quad (\text{رابطه ۹})$$

۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ خاکستری تیترا گردید و با استفاده از رابطه ۳ میزان ویتامین ث در ۱۰۰ سی‌سی نمونه بیان شد (راحمی ۲۰۰۵).

$$A = (S \times N \times F \times 88.1) / C \times 100$$

N: نرمالیتة محلول ید

F: فاکتور محلول ید

C: حجم نمونه

حفره بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و درصد گوشت میوه با استفاده از رابطه ۸ محاسبه گردید.

= درصد گوشت میوه

$$100 \times \frac{[(a+b)^2 + (a'+b')^2]}{(a+b)^2}$$

a: طول میوه a' طول حفره b: قطر میوه b' قطر حفره

pH میوه با استفاده از pH متر و سفتی گوشت میوه با دستگاه سفتی‌سنج دستی (مدل Mc Cormic-FT 327، کشور ایتالیا) اندازه‌گیری گردید. بدین منظور لایه پوست روی میوه از دو طرف قرینه حذف شد و نوک سفتی‌سنج با قطر ۱۱ میلی‌متر به داخل بافت میوه فشار داده شد و میزان سفتی بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرائت گردید.

جهت اندازه‌گیری درصد وزن خشک میوه، تکه-ای از گوشت میوه با وزن ۱۰۰ گرم به وسیله‌ی ترازوی دیجیتال وزن شد و نمونه‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند. پس از

به منظور اندازه‌گیری ویتامین ث از بافت قسمت میانی میوه، به میزان ۱۰ میلی‌لیتر عصاره در ظرف ریخته و روی آن دو میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد اضافه شد و محلول حاصل با ید در یدید پتاسیم (رابطه ۱۰)

A: میزان اسیدآسکوربیک در عصاره میوه (میلی-گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)

S: مقدار ید در یدید پتاسیم مصرف شده

S: مقدار ید در یدید پتاسیم مصرف شده

(جدول ۵). توده‌ها نیز از لحاظ عملکرد با هم‌دیگر تفاوت معنی‌داری داشتند به گونه‌ای که توده ایوانکی با ۱۱/۹۹ کیلوگرم در بوته بیشترین و توده خاتونی با ۱۰/۰۱ کیلوگرم در بوته کمترین مقدار عملکرد را داشتند (جدول ۴). عملکرد بازارپسند نیز در اثر تنش کم‌آبیاری کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان آن در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین میزان آن در تیمار قطع آبیاری مشاهده شد (جدول ۵). بین توده‌ها نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان عملکرد بازارپسند وجود داشت و توده ایوانکی با ۱۱/۷۱ کیلوگرم در بوته بیشترین و توده خاتونی با ۹/۶۲ کیلوگرم در بوته کمترین میزان را داشت (جدول ۴). با این که تیمار قطع آبیاری دارای کمترین میزان عملکرد بازارپسندی بود ولی با تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

جهت محاسبه کارایی مصرف آب از رابطه چهار استفاده شد. در این رابطه، WUE کارایی مصرف آب (kg m^{-3})، Y عملکرد (kg) و W میزان آب مصرفی (m^3) هستند.

$$\text{WUE} = Y / W \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) آنالیز و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه-ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بوته و عملکرد بازارپسند بوته

در اثر تنش کم‌آبیاری عملکرد کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳)، به گونه‌ای که باعث کاهش آن از ۱۱/۱۸ کیلوگرم در بوته در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۱۰/۸۵ کیلوگرم در بوته در تیمار قطع آبیاری گردید

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار کم‌آبیاری و توده بر عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب دو توده خربزه

ایرانی

میانگین مربعات

منابع تغییر	عملکرد کل بوته	عملکرد بازارپسند بوته	درصد وزن خشک میوه	درصد گوشت میوه	اسیدیته میوه	سفتی بافت	مواد جامد محلول			کارایی مصرف آب	
							مزدوکارپ نزدیک نوک میوه	مزدوکارپ میانی میوه	مطلوب مزوکارپ نزدیک دم میوه		
تکرار	۰/۰۲۷**	۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۴۵ ^{ns}	۲/۹۷**	۰/۰۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۳*	۰/۱۶**
آبیاری	۰/۱۶**	۰/۶۴**	۰/۲۹ ^{ns}	۱/۳۱*	۰/۰۱۵ ^{ns}	۴/۴**	۶/۱۷**	۹/۰۹**	۷/۷۳**	۰/۰۵**	۲۰/۷**
خطای کرت-اصلی	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۷۲*	۰/۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۵۱ ^{ns}
توده	۱۷/۶۸**	۱۹/۷۸**	۲/۴۵**	۶۹۲/۶۶**	۰/۳۶**	۱/۴۲**	۰/۶۵**	۲/۲۲**	۲/۰۶**	۰/۰۸۴**	۲۳۹/۸**
توده × آبیاری	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۴۳*	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۴۷**	۰/۰۶*	۰/۰۸۲**	. ^{ns}	۱/۷۹**
خطای کرت فرعی	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۹
ضریب تغییرات (%)	۰/۳۶	۱/۱۳	۱/۰۲	۰/۶۲	۱/۳۹	۶/۶۴	۱/۰۶	۰/۹۲	۰/۸۰	۱/۰۵	۰/۳۴

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر دو توده خربزه ایرانی بر عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب در مرحله قبل از برداشت

توده	عملکرد کل بوته (kg)	عملکرد بازار پسند بوته (kg)	ماده خشک میوه (%)	گوشت میوه (%)	اسیدپتیه میوه	سفتی بافت (kg.cm ⁻²)	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک نوک میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ میانی میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک میوه (%)	ویتامین ن ث (mg.10 0ml ⁻¹)	کارایی مصرف آب (kg.m ⁻³)
خاتونی	۱۰/۰۱ ^b	۹/۶۲ ^b	۷/۳۴ ^b	۵۱/۰۷	۵/۸۶ ^b	۱/۸۷ ^b	۹/۸۵ ^b	۹/۲۲ ^b	۸/۹۴ ^b	۹/۱۶ ^b	۳۶/۸ ^b
ایوانکی	۱۱/۹۹ ^a	۱۱/۷۱ ^a	۸/۰۷ ^a	۶۳/۴۷ ^a	۶/۱۵ ^a	۲/۴۳ ^a	۱۰/۲۴ ^a	۹/۹۲ ^a	۹/۶۲ ^a	۱۰/۹۹ ^a	۴۴/۰۱ ^a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب در مرحله قبل از برداشت خربزه ایرانی

آبیاری (Etc %)	عملکرد کل بوته (kg)	عملکرد بازار پسند بوته (kg)	درصد ماده خشک میوه (%)	درصد گوشت میوه (%)	اسیدپتیه میوه	سفتی بافت (kg.C m ⁻²)	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک نوک میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ میانی میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک میوه (%)	ویتامین ن ث (mg.10 0ml ⁻¹)	کارایی مصرف آب (kg.m ⁻³)
۱۰۰	۱۱/۱۸ ^a	۱۱/۰۴ ^a	۷/۶۵ ^b	۵۷/۸۱ ^a	۵/۹۵ ^a	۳/۱۴ ^a	۹/۱۸ ^c	۸/۸۹ ^c	۸/۵۲ ^c	۱۰/۲۱ ^a	۳۵/۴۸ ^c
۶۰	۱۰/۹۷ ^b	۱۰/۵۵ ^b	۷/۶۸ ^{ab}	۵۷/۰۶ ^b	۶/۰۳ ^a	۱/۷۱ ^b	۹/۸۰ ^b	۸/۹۳ ^b	۸/۷۳ ^b	۸/۱۳ ^b	۳۸/۹۳ ^b
قطع آبیاری	۱۰/۸۵ ^c	۱۰/۴۲ ^b	۷/۷۸ ^a	۵۶/۹۵ ^b	۶/۰۴ ^a	۱/۶۱ ^b	۱۱/۱۶ ^a	۱۰/۹۹ ^a	۱۰/۵۸ ^a	۵/۳۶ ^c	۴۶/۹۳ ^a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشند.

تبادل دی‌اکسید کربن در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر می‌شود (سارکر و همکاران ۲۰۰۴).

درصد ماده خشک میوه

کم‌آبیاری بر درصد ماده خشک میوه معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش شدت تنش کم‌آبیاری درصد ماده خشک میوه افزایش یافت (جدول ۵). نتایج نشان داد که توده‌ها از لحاظ درصد ماده خشک میوه تفاوت معنی‌داری داشتند به طوری که توده ایوانکی با ۸/۰۷ درصد بیشترین و توده خاتونی با ۷/۳۴ درصد کمترین درصد ماده خشک را داشتند (جدول ۴). این اختلافات بین توده‌ها احتمالاً به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی می‌باشد. نتایج ما با یافته‌های دلشاد و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد

نتایج ما با گزارشات (لطفی و همکاران ۲۰۱۶) و (حیدریان و همکاران ۲۰۱۷) در رابطه با کاهش عملکرد خربزه تحت تنش کم‌آبیاری مطابقت داشت.

تنش آب در مراحل قبل از برداشت سبب رشد آهسته‌تر میوه و کاهش اندازه نهایی میوه می‌گردد (ناتالیس و همکاران ۱۹۸۵). کاهش عملکرد به دلیل کاهش آب میوه در اثر تنش خشکی می‌باشد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش وزن متوسط میوه در اثر تنش کم‌آبی به دلیل کاهش فتوسنتز همراه با پیری برگ‌ها در اثر تنش می‌باشد. کاهش در میزان فتوسنتز با کاهش سطح برگ و جذب نیتروژن و استفاده آن توسط گیاه، مانع بزرگ شدن سلول‌ها شده و همچنین کاهش فعالیت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز به علت کاهش

کاهش دوره رشد میوه در اثر تنش خشکی باشد (برزگر و همکاران ۲۰۱۱).

pH میوه

تیمار کم‌آبیاری تاثیر معنی‌داری بر pH میوه نداشت (جدول ۵). pH میوه بین توده‌ها از ۶/۱۵ برای توده ایوانکی تا ۵/۸۶ برای توده خاتونی متفاوت بود (جدول ۴). اثر متقابل بین توده و آبیاری نشان داد که توده ایوانکی با $pH \pm 0.05 / 6.25$ در آبیاری ۶۰ درصد بیشترین و توده خاتونی با $pH \pm 0.49 / 5.8$ در آبیاری ۶۰ درصد کمترین میزان pH میوه را داشتند (جدول ۶). در پژوهشی توسط لطفی و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده شد که تنش کم‌آبی باعث افزایش pH میوه خربزه می‌گردد. همچنین موسوی و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه سه سطح آبیاری روی خربزه، افزایش pH میوه در شرایط تنش خشکی را گزارش کردند.

از مهم‌ترین اسیدهای میوه خربزه میتوان به اسیدسوکسینیک، اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک اشاره کرد که میزان این اسیدها به ژنوتیپ گیاه، فصل و مرحله رشد و بلوغ میوه بستگی دارد (بایولیو و همکاران ۲۰۰۳ و کادر ۲۰۰۸). به موازات تغییرات در کربوهیدرات‌های محلول در طی رسیدن میوه، pH نیز تغییر می‌کند (بایولیو و لیا ۲۰۰۷). دمای زیاد ایجاد شده ناشی از تنش خشکی باعث افزایش تنفس می‌شود، بنابراین اسیدها به عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند که این امر باعث افزایش pH میوه در اثر تنش خشکی می‌گردد (مانگر و روبینسون ۱۹۹۱).

که گزارش دادند در اثر تنش خشکی ماده خشک میوه در خربزه افزایش یافت.

هر چه آب در دسترس گیاه کمتر شود از میزان آب آزاد اندام‌های گیاه کاسته شده و آب به صورت غیر آزاد در گیاه باقی می‌ماند و به میزان وزن خشک افزوده شده و نسبت وزن خشک به میزان آب یا اندام افزایش می‌یابد. در حقیقت این امر در جهت افزایش فشار اسمزی و مقاومت گیاه به تنش خشکی صورت می‌گیرد (آسچر و کومینگ ۱۹۹۱).

درصد گوشت میوه

نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری بر درصد گوشت میوه معنی‌دار بود (جدول ۳). به گونه‌ای که کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به قطع آبیاری باعث کاهش درصد گوشت میوه از ۵۸/۷۱ به ۵۶/۹۵ درصد گردید (جدول ۵). همچنین، بین توده‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و توده ایوانکی با ۶۳/۴۷ درصد بیشترین و توده خاتونی با ۵۱/۰۷ درصد کمترین درصد گوشت میوه را داشتند. در پژوهشی با بررسی اثر تنش خشکی روی چند توده خربزه ایرانی نیز گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش درصد گوشت میوه گردید (حیدریان و همکاران ۲۰۱۷). با مطالعه دوساله اثر شش سطح آبیاری روی خربزه توسط دوگان و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده شد که کمبود شدید آب اثر منفی بر میزان گوشت میوه داشت ولی تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار نبود.

تنش خشکی موجب کاهش جذب نیتروژن شده و کمبود نیتروژن نیز مانع بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود از این رو اندازه میوه‌ها تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد (ردی و همکاران ۲۰۰۴). کاهش اندازه میوه نیز ممکن است به علت تحت تأثیر قرار گرفتن تأمین مواد پرورده، کاهش قدرت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی، کاهش اندازه فضای بین سلولی و همچنین

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر کیفیت میوه و کارایی مصرف آب در مرحله قبل از برداشت میوه دو

توده خربزه ایرانی						
آبیاری (Etc %)	توده	pH میوه	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک نوک میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ میانی میوه (%)	مواد جامد محلول مزوکارپ نزدیک دم میوه (%)	کارایی مصرف آب (kg m ⁻³)
۱۰۰	خاتونی	۵/۸ ± ۰/۰۸۱	۸/۸ ± ۰/۰۴۹	± ۰/۰۱۱ ۸/۴۸	۸/۱۷ ± ۰/۰۶۵	۳۲/۳۳ ± ۰/۲۵
	ایوانکی	۶/۱ ± ۰/۰۸۱	۹/۵۵ ± ۰/۰۵۱	۹/۱ ± ۰/۰۵۷	۸/۸۸ ± ۰/۰۲۴	۳۸/۶۳ ± ۰/۰۵۵
۶۰	خاتونی	۵/۸ ± ۰/۰۴۹	۹/۹۳ ± ۰/۰۸۸	± ۰/۰۳۷ ۸/۶۶	۸/۵۲ ± ۰/۰۴۷	۳۵/۳۶ ± ۰/۱۵
	ایوانکی	۶/۲۵ ± ۰/۰۵۷	۹/۶۷ ± ۰/۰۳	۹/۲ ± ۰/۰۶	۸/۹۴ ± ۰/۰۲۹	۴۲/۵ ± ۰/۱
	قطع آبیاری	۵/۹۸ ± ۰/۰۸	۱۰/۸۳ ± ۰/۰۵۸	± ۰/۰۷۵ ۱۰/۵۲	۱۰/۱۴ ± ۰/۰۹۷	۴۲/۷ ± ۰/۲۶
	ایوانکی	۶/۰۹ ± ۰/۰۱۴	۱۱/۴۹ ± ۰/۰۳۸	± ۰/۰۵۵ ۱۱/۴۶	۱۱/۰۳ ± ۰/۰۳۳	۵۱/۱۶ ± ۰/۱۵

داده‌ها میانگین سه تکرار می باشند و مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می باشد.

سفتی بافت میوه

بین توده‌ها از نظر سفتی بافت میوه اختلاف معنی-داری وجود داشت (جدول ۳)، و توده ایوانکی نسبت به توده خاتونی دارای سفتی بافت بیشتری بود (جدول ۴). این اختلافات در سفتی گوشت میوه احتمالاً به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در این توده‌ها می باشد. کاهش آبیاری نیز روی سفتی بافت میوه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳) به گونه‌ای کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به قطع آبیاری باعث کاهش سفتی بافت میوه از ۳/۱۴ به ۱/۶۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع شد. با بررسی اثر تنش خشکی روی چند توده خربزه گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش سفتی بافت میوه می‌گردد (لطفی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین سات پال شارما و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه اثر دو سطح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق محصول) بر سه رقم خربزه گزارش کردند که در هر دو سال تنش خشکی باعث کاهش سفتی بافت میوه شد.

کاهش سفتی بافت خربزه در زمان رسیدن میوه

صورت می‌گیرد و این عمل به دپلمیریزه شدن پکتین و تغییر در ماتریکس دیواره سلولی وابسته است (برومیل ۲۰۰۶). گزارش شد که نرم شدن میوه‌های خربزه وابسته به اتیلن است (نیشی یاما و همکاران ۲۰۰۷). در اثر تنش خشکی تولید اتیلن بیشتر می‌شود و در ادامه عمل اتیلن، فعالیت آنزیم‌های دخیل در تغییر دیواره سلولی مانند آنزیم پلی‌گالاکتروناز (PG) بیش‌تر شده و منجر به کاهش سفتی بافت میوه می‌گردد (استیلا و همکاران ۲۰۰۵).

مواد جامد محلول

کاهش آبیاری بر مواد جامد محلول میوه اثر معنی-داری داشت (جدول ۳)، به گونه‌ای که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به قطع آبیاری، بیشترین مواد جامد محلول در هر سه بخش اندازه‌گیری شده حاصل شد (جدول ۵). براساس گزارش‌های موجود

طرفی مشخص شد که آنزیم‌های کلیدی در تجمع قند در خربزه آنزیم‌های اینورتاز و ساکارز فسفات سنتتاز می‌باشند (لستر و همکاران ۱۹۸۵). افزایش میزان مواد جامد محلول تحت شرایط کم‌آبی می‌تواند به دلیل کاهش تعداد میوه در اثر ریزش گل و در نتیجه افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه باشد (پو و گاردنر ۱۹۸۳).

ویتامین ث

با افزایش شدت تنش کم‌آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به قطع آبیاری میزان ویتامین ث کاهش یافت (جدول ۵). میزان ویتامین ث بین توده‌ها نیز تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). توده ایوانکی دارای میزان ویتامین ث بیشتری نسبت به توده خاتونی بود (جدول ۴). با مطالعه دو سطح آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) در دو سال بر روی گیاه خربزه گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش میزان ویتامین ث می‌گردد (سات پال شارما و همکاران ۲۰۱۴). در پژوهشی دیگر علیزاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که با افزایش تنش خشکی میزان ویتامین ث در فلفل شیرین کاهش یافت.

در مطالعات پیشین گزارش شده است که ویتامین ث به شدت تحت تأثیر آبی که میوه از دست می‌دهد قرار دارد. به عبارتی هر چه وزن میوه با گذشت زمان و در معرض تنش شدید بیشتر کاهش یابد، به همان میزان ویتامین ث کاهش می‌یابد (رنجبر و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه بر این، دلیل کاهش مقدار آسکورات می‌تواند تخریب مستقیم آسکورات به وسیله O_2 یا سایر رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت تأثیر تنش خشکی و همچنین مصرف آسکورات برای سنتز زئازانتین و تولید مجدد آلفا توکوفرول (آنتی‌اکسیدان باند شده به غشا) باشد (دانشمند ۲۰۱۴).

بخش‌های مختلف گوشت میوه خربزه از نظر قند یکسان نیست و در یک میوه مقدار مواد جامد محلول (TSS) از سمت دم میوه به سمت نوک میوه افزایش می‌یابد (الیاسی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۵). مقدار مواد جامد محلول از قسمت نوک میوه به سمت دم میوه کاهش یافت (جدول ۴). اثر متقابل بین توده و آبیاری نشان داد که توده ایوانکی در هر سه بخش مزوکارپ نزدیک نوک میوه، مزوکارپ میانی و مزوکارپ نزدیک دم میوه با درصد مواد جامد محلول به ترتیب 0.38 ± 0.049 ، 0.55 ± 0.046 و 0.33 ± 0.033 در تیمار قطع آبیاری، دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول بود و توده خاتونی نیز در هر سه بخش مزوکارپ نزدیک نوک میوه، مزوکارپ میانی و مزوکارپ نزدیک دم میوه با درصد مواد جامد محلول به ترتیب 0.49 ± 0.08 ، 0.11 ± 0.08 و 0.65 ± 0.08 در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کمترین میزان مواد جامد محلول را دارا بود (جدول ۶). نتایج حاصل با گزارشات (دلشاد و همکاران ۲۰۱۳)، (لطفی و همکاران ۲۰۱۶) و (حیدریان و همکاران ۲۰۱۷) در رابطه با افزایش مواد جامد محلول در خربزه در اثر تنش خشکی مطابقت داشت.

در اثر تنش خشکی میزان آب دریاقتی میوه کاهش یافته که در نتیجه آن نسبت قند و ماده خشک میوه بیش‌تر شده و منجر به افزایش میزان مواد جامد محلول می‌شود، همچنین بیان کردند که یکی از دلایل اصلی افزایش مقدار ساکارز و در نتیجه مواد جامد محلول در تنش آبی به دلیل کاهش فعالیت آنزیم اینورتاز است. آنزیم اینورتاز ساکارز را به گلوکز و فروکتوز تجزیه می‌کند و از تجمع قند ساکارز جلوگیری می‌کند در نتیجه میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد (برزگر و همکاران ۲۰۱۱). همچنین گزارش شده است که تجمع مواد جامد محلول در سلول و کاهش میزان آب ذخیره شده در میوه در شرایط تنش خشکی به دلیل افزایش تولید هورمون اسید آبسزیک و غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی می‌باشد (ایوان گراسیا و همکاران ۲۰۱۱). از

کارآیی مصرف آب

تأثیر تنش کم‌آبیاری بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تا تیمار قطع آبیاری، کارآیی مصرف آب از $۳۵/۴۸$ به $۴۶/۹۳$ کیلوگرم در متر مکعب افزایش یافت (جدول ۵). در میان توده‌ها بیشترین کارآیی مصرف آب متعلق به توده ایوانکی با $۴۴/۰۱$ کیلوگرم در متر مکعب و کمترین مقدار با $۳۸/۸$ کیلوگرم در متر مکعب مربوط به توده خاتونی بود (جدول ۴). نتایج اثرات متقابل آبیاری در توده نشان داد که بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب با $۵۱/۱۶ \pm ۰/۱۵$ کیلوگرم در متر مکعب در توده ایوانکی تحت شرایط قطع آبیاری و کمترین مقدار در توده خاتونی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۶). محققان با بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر کارآیی مصرف آب در خربزه در دو سال (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) دریافتند که با افزایش شدت تنش کارآیی مصرف آب افزایش یافت (کابلو و همکاران ۲۰۰۹).

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در برنامه‌ریزی آبیاری، پارامتر کارآیی مصرف آب (WUE) یا مقدار ماده خشک تولیدی به ازای واحد آب مصرفی است که از عوامل تعیین کننده آن، عملکرد اقتصادی، عملکرد زیستی و میزان آب مصرفی را می‌توان نام برد. در شرایط نزدیک به تنش کمبود آب، گیاه در مقایسه با

شرایط آبی، نسبت به میزان آب مصرف شده محصول بیشتری تولید می‌کند (کابلو و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به این که در این پژوهش تیمارهای آبیاری در مرحله قبل از برداشت اجراء شدند کاهش یا فقدان آب تأثیر زیادی روی عملکرد نداشت و این باعث افزایش کارآیی مصرف آب در تیمارهای تحت تنش گردید.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بین دو توده از نظر شاخص‌های کمی و کیفی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و توده ایوانکی از نظر کیفیت و کمیت بهتر بود. کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۶۰ درصد و قطع آبیاری در قبل از برداشت میوه، بر عملکرد و عملکرد بازارپسند بوته و برخی شاخص‌های کمی و کیفی میوه اثر منفی داشت و موجب کاهش عملکرد شد. اگر چه با کاهش آبیاری به ۶۰ درصد و قطع آبیاری به ترتیب ۲/۹۵ و ۱/۸۷ درصد عملکرد کل کاهش یافت ولی به میزان ۴۰ و ۱۰۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد. همچنین تنش کم‌آبیاری موجب بهبود مواد جامد محلول گردید که مهم‌ترین شاخص کیفی میوه خربزه است. با توجه به بحران کم‌آبی کنونی، تیمار قطع آبیاری در قبل از برداشت در جهت بهبود کیفیت و صرفه‌جویی در مصرف آب پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi-Mirabad A, Lotfi M and Roozban MR. 2014. Growth, yield, yield components and water-use efficiency in irrigated cantaloupes under full and deficit irrigation. *Electronic Journal of Biology*, 10(3): 79-84.
- Alizadeh B, Ghahremani Z, Barzegar T and Nikbakht J. 2017. Effect of foliar application of putrescine on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* cv. Dimaz). *Journal of Crops Improvement*, 19(2): 444-431. (In Persian).
- Ascher RG and Cumming JR. 1991. Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. *The Quarterly Review of Biology*, 66: 343-344.
- Barzegar T, Delshad M, Majd Abadi A, Kashi A and Ghashghaie J. 2011. Effect of water stress on growth, yield and some physiological parameters of Iranian melon. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 42 (4): 357-363. (In Persian).

- Barzegar T, Heidaryan N, Lotfi H and Ghahremani Z. 2018. Yield, fruit quality and physiological responses of melon cv. Khatooni under deficit irrigation. *Advances in Horticultural Science*, 32 (4): 51-458.
- Beaulieu JC and Lea JM. 2007. Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. *Journal of the American society for Horticultural Science*, 132(5): 720-728.
- Beaulieu JC, Lea JM, Eggleston G and Peralta-Inga Z. 2003. Sugar and organic acid variations in commercial cantaloupes and their inbred parents. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(4): 531-536.
- Brummell DA. 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, 33(2): 103-119.
- Cabello MJ, Castellanos MT, Romojaro F, Martinez-Madrid C and Ribas F. 2009. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. *Agricultural Water Management*, 96(5): 866-874.
- Daneshmand F. 2014. The effect of ascorbic acid on reduction of oxidative stress caused by salinity in potato. *Journal of Plant Researches*, 27(3): 417-426. (In Persian).
- Delshad M, Barzegar T, Majd Abadi A, Kashi A and Ghashghaie J. 2013. Effect of Fruit site on the Stalk upon Yield and Fruit Quality in two Iranian Melon Cultivars under Normal vs. Water Stress Conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(2): 178-169. (In Persian).
- Dogan E, Kirnak H, Berekatoglu K, Bilgel L and Surucu A. 2008. Water stress imposed on muskmelon (*Cucumis melo* L.) with subsurface and surface drip irrigation systems under semi-arid climatic conditions. *Irrigation Science*, 26(2): 131-138.
- Eliyasi moghaddam M, Barzegar T and Ghahremani Z. 2015. Effect of foliar application of naphthalene acetic acid and plant thinning on growth, yield and fruit quality of melon (*Cucumis melo* cv. Khatooni). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(3): 467-474. (In Persian).
- Enciso J, Wiedenfeld B, Jifon J and Nelson S .2009. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. *Scientia Horticulturae*, 120(3): 301-305.
- Fabeiro C, De Santa Olalla FM and De Juan JA. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, 54(2): 93-105.
- FAO, 2014. FAOSTAT [online]. Available at <http://faostat3.fao.org/home/index.html> (accessed on 08.14.14).
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In *Sustainable Agriculture*. Springer Netherlands, (pp. 153-188).
- Geerts S and Raes D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water Productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, 96: 1275-1284.
- Heydarian N, Barzegar T and Ghahremani Z. 2017. Effect of water deficit stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some Iranian melon accessions. *Journal of Crops Improvement*, 19(2): 287-302. (In Persian).
- Ivan Garcia T Victor Hugo DZ and Jose Luis MF. 2011. Long-term impact of sustained deficit irrigation on yield and fruit quality in sweet orange cv. Salustiana (SW Spain). *Comunicata Scientiae*, 2(2): 76-84.
- Javanpour R, Salehi R, Nejadsahebi and Moosavi J. 2015. Evaluation of quality and quantity of three accessions of grafted and non-grafted of Iranian melon. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46 (1): 169-178. (In Persian).
- Jovanovic Z, Stikic R, Vucelic-Radovic B, Paukovic M, Brocic Z, Matovic G, Rovcanin S and Mojevic M. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. *European Journal of Agronomy*, 33(2): 124-131.

- Kader AA. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11): 1863-1868.
- Khan MIR, Asgher M, Fatma M, Per TS and Khan NA. 2015. Drought stress vis a vis plant functions in the era of climate change. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 3(1): 13-25.
- Kuşçu H, Turhan A, Özmen N, Aydınol P, Büyükcangaz H and Demir AO. 2015. Deficit irrigation effects on watermelon (*Citrullus vulgaris*) in a sub humid environment. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(6): 1652-1659.
- Leskovar D and Piccinni G. 2005. Yield and leaf quality of processing spinach under deficit Irrigation. *HortScience*, 40: 1868-1870.
- Lester GE and Dunlap JR. 1985. Physiological changes during development and ripening of 'Perlita' muskmelon fruits. *Scientia Horticulturae*, 26(4): 323-331.
- Lotfi h, Barzegar T, Rabiei V, Ghahremani Z and Nikbakht J. 2016. Effects of water deficit stress on quality and quantitative traits of some Iranian melon. *Journal of Crops Improvement*, 18(1): 157-171. (In Persian).
- Mousavi SF, Mostafazadeh-Fard B, Farkhondeh A and Feizi M. 2010. Effects of deficit irrigation with saline water on yield, fruit quality and water use efficiency of cantaloupe in an arid region. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11: 469-479.
- Munger HM and Robinson RW. 1991. Nomenclature of *cucumis melo* L. *Cucurbit Gent. Cooperative Reputation*, 14: 53.
- Nasrabadi H, Nemati H, Sobhani A and Aroiee H. 2012. Effect of interval irrigation and splastic and organic mulches on quantity and quality traits in melon. *Journal of crops Improvement*, 14(1): 57-66. (In Persian).
- Natalis, Xiloyannis C and Pezzarossa B. 1984. Relationship between soil water content, leaf water potential and fruit growth during different fruit growing phases of peach trees. In I International Symposium on Water Relations in Fruit Crops 171. (pp. 167-180).
- Nishiyama K, Guis M, Rose JK, Kubo Y, Bennett KA, Wangjin L, Kato K, Ushijima K, Nakano R, Inaba A and Bouzayen M. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *Journal of Experimental Botany*, 58(6): 1281-1290.
- Patanè C, Tringali S and Sortino O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4): 590-596.
- Rahemi M. 2005. Postharvest physiology. 4th edition, Publication of university of Shiraz. (In Persian).
- Ranjbar H, Hasanpour M, Asgari M, Sameei Zadeh H and Baniasadi A. 2007. The Effects of Calcium chloride, Hot Water Treatment and Polyethylene Bag Packaging on the Storage Life and Quality of Pomegranate (Cv: Malas- Saveh). *Journal of Food Science & Technology*, 4(1): 2-9. (In Persian).
- Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandam M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. *Journal of Plant Physiology*, 161(11): 1189-1202.
- Safarnejad A (2004) Characterization of somaclones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for drought tolerance. *Journal Agricultural Science of Technology*, 6: 121-127.
- Sarker BC, Hara M and Uemura M. 2004. Proline synthesis physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae*, 103: 387-402.
- Sharma SP, Leskovar D I, Crosby KM, Volder A and Ibrahim AMH. 2014. Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 136: 75-85.

- Singh J and Patal A. 1996. Water status, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. Annual of Biology Ludhiana, 12:77-81.
- Stella S, Costa F, Bregoli AM and Sansavini S. 2005 Study on expression of gene involved in ethylene biosynthesis and fruit softening in apple and nectarine. Acta Horticulture, 682: 141-147.
- Vaziri ZH, Salamat A, Ansari M, Meschi M, Heidari N and Dehqany Sanych H, 2009. Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (In Persian).
- Wang Z, Liu F, Kang S and Jensen CR. 2012. Alternate partial root-zone drying irrigation improves nitrogen nutrition in maize (*Zea mays* L.) leaves. Environmental and Experimental Botany, 75:36-41.