

اثر کم آبیاری در مراحل مختلف رشدی دو توده خربزه ایرانی بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب

فرزاد تقدسی نیا^۱، زهرا قهرمانی^{۲*}، طاهر برزگر^۳ و میترا اعلائی^۲

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشدی بر رشد، عملکرد و کیفیت دو توده خربزه ایرانی آزمایشی در قالب کرت‌های دوبار خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه زنجان در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کم آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی، مرحله تنش‌دهی در دو سطح (مرحله گلدهی و بیست روز بعد از گلدهی) به عنوان کرت فرعی و توده خربزه در دو سطح (خاتونی و ایوانکی) به عنوان کرت فرعی - فرعی بودند. نتایج نشان داد تنش کم آبیاری در هر دو مرحله باعث کاهش شاخص‌های رشدی و عملکردی شد. کمترین میزان سطح برگ، طول بوته، عملکرد بوته (۶/۷۲ kg) عملکرد بازارپسند بوته (۵/۴۷ kg)، درصد گوشت میوه (۵۰/۷٪) و ویتامین ث (۱/۴۸ mg/100ml) در شرایط تنش در مرحله گلدهی و آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. بیشترین مواد جامد محلول توده خاتونی (۱۲/۰۴٪)، و توده ایوانکی (۱۱/۴۲٪) در مرحله گلدهی همراه با کم آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی حاصل گشت. بیشترین کارایی مصرف آب توده ایوانکی در مرحله گلدهی و توده خاتونی در مرحله ۲۰ روز پس از گلدهی تحت شرایط کم آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. توده ایوانکی نسبت به کم آبی متحمل تر بود. با توجه به نتایج، اعمال تیمار کم آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی همراه با کاهش ۶/۶۱ درصد عملکرد میوه، موجب بهبود مواد جامد محلول میوه و صرفه‌جویی ۴۰ درصدی آب آبیاری گردید.

واژه‌های کلیدی: توده، خربزه، عملکرد بازارپسند، مواد جامد محلول، ویتامین ث.

Effect of deficit irrigation at different growth stages of two Iranian melon accessions on growth, yield, fruit quality and water use efficiency

Farzad Taghdosinia¹, Zahra Ghahremani^{2*}, Taher Barzegar³ and Mitra Aelaei²1, 2, 3. M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran
(Received: Dec. 25, 2018- Accepted: May 25, 2019)

ABSTRACT

To evaluate the effect of deficit irrigation stress at different growth stages of two Iranian melon accessions on growth, yield and fruit quality, a split-split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at University of Zanjan. Treatments were consisted of deficit irrigation in three levels (100, 80 and 60% ETc) as main plot, stage of water deficit application in two levels (flowering and 20 days after flowering (fruit development stage) as sub plot and melon accession in two levels (Khatooni and Ivanaki) as sub-sub plot. The results showed that deficit irrigation stress were conducted at two growth stages, reduced growths index and yield. The lowest leaf area, plant height, total plant yield (6.72 kg), marketable plant yield (5.47 kg), fruit flesh percentage (50.7%) and vitamin C (1.48 mg/100 ml) were obtained under 60% ETc at flowering stage. The highest value of TSS was obtained in "Khatooni" (12.04%) and "Ivanaki" (11.42%) by applying 80% ETc at flowering stage. The highest value of water use efficiency (WUE), was achieved in "Ivanaki" and "Khatooni under 80% ETc at flowering and" 20 days after flowering stage, respectively. The Ivanki accession showed higher tolerance to water deficit. According to the results, applying 80% ETc at the flowering stage improved the fruit TSS and resulted in 40% water usage, while reduced 6.61% of fruit yield.

Keywords: Accession, marketable yield, melon, total soluble solids, vitamin C.

* Corresponding author E-mail: z.ghahremani@znu.ac.ir

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش‌های محیطی متعددی روبه‌رو می‌شوند که هر یک از این تنش‌ها می‌تواند آثار متفاوتی بر رشد، نمو و عملکرد آن‌ها داشته باشد و سبب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه کاهش محصول شود (Imam et al., 2005). از طرفی پاسخ گیاه تحت شرایط تنش به عواملی از قبیل گونه و رقم گیاهی، شدت و طول مدت تنش، مرحله نمو گیاه، اندام گیاه، سیستم کشت و دیگر شرایط اقلیمی بستگی دارد (Souri, 2016). کمبود آب به عنوان عامل اصلی محدود کننده رشد و عملکرد در سراسر جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود (Kesiime, 2014). تنش کم‌آبی یا کمبود آب زمانی در گیاه صورت می‌گیرد که تلفات آب در اثر تعرق بیشتر از میزان جذب آن باشد. رشد سلول که یکی از فرایندهای فیزیولوژیکی حساس به خشکی است، به دلیل کاهش در فشار تورژانس، در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. اختلال در تقسیم میتوز و توسعه و طویل شدن سلول منجر به کاهش ارتفاع بوته، سطح برگ و رشد گیاه در این شرایط می‌شود (Hussain et al., 2008). در شرایط کمبود آب، میزان آب برگ کاهش می‌یابد و کاهش پتانسیل آب برگ موجب بسته‌شدن روزنه و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد که این امر در نهایت باعث کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد می‌شود (Bota et al., 2004). شرایط ناشی از کم‌آبی موجب کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی، کاهش بهره‌وری از تابش و شاخص برداشت می‌گردد که در نهایت موجب کاهش عملکرد می‌شود. کاهش عملکرد توسط تنش کم‌آبی به‌طور عمده ناشی از کاهش اندازه میوه است که با دو فرآیند رشد میوه را محدود می‌کند. محدود کردن کربوهیدرات قابل دسترس با کاهش سرعت فتوسنتز و محدود کردن مستقیم رشد میوه در اثر کاهش تورژانس سلول در پاسخ به تنش و عامل دیگری که می‌تواند عملکرد را کاهش دهد، ریزش میوه است (Heydarian, 2016). اثرات متناقضی در مورد کمبود آب روی کیفیت میوه گزارش شده است که به ژنوتیپ گیاه و مراحل نمو میوه در زمان

تنش بستگی دارد (Ripoll et al., 2014). برای مقابله با بحران کم‌آبی راهکارهای گوناگونی مطرح شده است که تمامی آن‌ها حول محور عملکرد بیشتر به ازای یک واحد آب مصرفی قرار دارد.

خربزه با نام علمی (*Cucumis melo* L.) یکی از سبزی‌های مهم خانواده کدوییان است که با دارا بودن ارقام و توده‌های متنوع، دامنه گسترش زیادی داشته و در سطح وسیعی از مناطق جالیز کاری ایران و جهان کشت می‌شود. این گیاه با داشتن نیاز حرارتی بالا، مناسب‌ترین محیط زیست خود را در آب و هوای گرم و خشک نواحی مختلف به‌ویژه در مناطق حاشیه کویر ایران یافته و از سالیان دراز کشت می‌شود (Kashi & Abedi, 1998). خشکی معمول‌ترین تنش محیطی است که به‌طور قابل توجهی رشد گیاه و عملکرد میوه را در خربزه تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط تنش کم‌آبی میوه‌های خربزه کوچک مانده و کیفیت ظاهری مطلوبی نخواهند داشت. علاوه بر آن، تنش کم‌آبی رسیدن قبل از بلوغ را تسریع می‌کند (Foyer et al., 1998). Barzegar et al. (2011) گزارش دادند که تنش کم‌آبی طول بوته و سطح برگ را در خربزه کاهش داد. کاهش حجم آبیاری منجر به کاهش اندازه میوه و عملکرد در خربزه گردید (Fabeiro et al., 2002). گزارش شده است که کیفیت میوه خربزه با ترکیب قندهای محلول، اسیدهای ارگانیک، ترکیبات معطر فرار و رنگدانه‌ها تعیین می‌شود (Kyriacou et al., 2018). میزان قندهای محلول و اسیدهای آلی که به عنوان فاکتورهای مهمی در افزایش عطر و طعم میوه به شمار می‌روند به شرایط محیطی، دما و رقم گیاه بستگی دارد (Long et al., 2004). گزارشاتی مبنی بر کاهش میزان ویتامین ث در اثر خشکی وجود دارد. دانشمند گزارش کرد که دلیل کاهش مقدار آسکوربات می‌تواند تخریب مستقیم آسکوربات به‌وسیله O_2 یا سایر رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت تأثیر تنش خشکی و همچنین مصرف آسکوربات برای سنتز زنازانتین و تولید مجدد آلفا توکوفرول (آنتی‌اکسیدان باندشده به غشا) باشد (Daneshmand, 2014). با توجه به این که تشکیل تعداد میوه زیاد در هر بوته خربزه موجب کوچک ماندن و نامرغوب شدن

واحد آزمایشی)، اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی، دو مرحله تنش‌دهی شامل (مرحله گلدهی و بیست روز بعد از گلدهی) به عنوان کرت فرعی و دو توده خربزه ایرانی (خاتونی و ایوانکی) به عنوان کرت فرعی- فرعی بودند. هنگام آماده‌سازی زمین به میزان ۶ تن در هکتار در سطح ۵۰۰ متر مربع کود دامی پوسیده استفاده گردید. خصوصیات خاک محل آزمایش و آمار هواشناسی فصل زراعی در جداول یک و دو ارائه شده است.

پس از آماده‌شدن زمین در تاریخ نهم خردادماه بذور دو توده خربزه ایرانی (خاتونی و ایوانکی) با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و بر روی ردیف و فاصله ۲ متر بین ردیف‌های کاشت و در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری کشت گردید. بذور توده خاتونی از مشهد و بذور 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. آبیاری گیاهان با روش آبیاری قطره‌ای و با توجه به شرایط آب و هوایی تا زمان اعمال تنش کم‌آبیاری با دور آبیاری ۴ روز یکبار و بعد از اعمال تنش کم‌آبیاری هر ۳ روز یکبار انجام شد. پس از ۴۷ روز بعد از کشت، گیاهان به مرحله گلدهی رسیدند و تیمارهای آبیاری در یکسری از گیاهان آغاز شد. تیمارهای آبیاری در سری دوم گیاهان در مرحله ۲۰ روز بعد از گلدهی (۶۷ روز پس از کشت) اعمال گردید.

میوه می‌شود و از طرفی تولید شاخ و برگ زیاد مصرف آب و مواد غذایی را افزایش داده و کشت خربزه را در شرایط دیم و مناطق کم‌آب با مشکل مواجه می‌سازد، لذا کنترل و هدایت رشد رویشی و رشد زایشی (تعداد میوه) گیاه به‌منظور برقراری توازن بین اندام‌های تولید کننده (برگ‌ها) و مصرف کننده (میوه‌ها) در افزایش کیفیت میوه و صرفه‌جویی در مصرف آب و مواد غذایی اهمیت زیادی دارد (Delshad *et al.*, 2013).

با توجه به کمبود آب، انجام آزمایش‌ها و ارائه راهکارهای مناسب جهت مصرف بهینه آب از ضروریات کشاورزی می‌باشد. از طرفی مشخص شده است که پاسخ گیاه در مراحل رشدی مختلف از نظر حساسیت نسبی به کم‌آبیاری متفاوت است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات تنش کم‌آبی در دوره‌های مختلف رشدی دو توده خربزه ایرانی به‌منظور بهره‌وری از برنامه‌ریزی دقیق‌تر جهت استفاده بهینه از منابع آب و پیشگیری یا کاهش اثرات سوء کم‌آبی و برآورد مصرف بهینه آب در کنار عملکرد قابل قبول و قابل توصیه به بخش کشاورزی برای تولید خربزه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (پنج بوته در هر

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties on the site of experimental field

Soil pattern	Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	Acidity (pH)	Clay (%)	Silt (%)	Sandy (%)	Nitrogen (%)	Sodium (gr.kg ⁻¹)	potassium (gr.kg ⁻¹)	Calcium (gr.kg ⁻¹)	Organic matter (%)
Clay loam	1.49	7.4	37	38	25	0.07	0.13	0.20	0.12	0.94

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

Table 2. Average daily climatic parameters during the growing season (2017)

Meteorological parameter	22 May- 21 June	22 June- 22 July	23 July- 22 August	23 August- 22 September	23 September- 22 October
Rain (mm)	0.01	1.11	5.00	0.00	0.02
Average temperature (°C)	22.94	25.71	27.68	24.79	15.73
Minimum temperature (°C)	11.29	16.8	17.61	14.68	7.89
Maximum temperature (°C)	32.47	33.96	36.82	35.12	25.05

(mm)؛ f: دور آبیاری (روز)؛ LR: نیاز آبیاری (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) (Keller & Bliesner, 1990).

پس از محاسبه مقادیر ET_C ، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه خربزه بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری برآورد شده و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. فاصله بین قطره چکان‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود که در واقع هر گیاه توسط دو خروجی آبیاری می‌شد. برای محاسبه نیاز آبی به‌ازای 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.

جهت اندازه‌گیری سطح برگ، از پنج بوته برگ‌های گره‌های شش تا هشت انتخاب شده و توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Delta-T Device LTD, England) قرائت شده و در نهایت میانگین سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه گردید. طول بوته در زمان برداشت، بر حسب متر اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ارزیابی عملکرد بوته، هنگام برداشت تمام میوه‌ها با ترازوی دیجیتال وزن شدند و عملکرد کل و عملکرد بازاریسند بوته محاسبه گردید. جهت برآورد بازاریسندی، میوه‌های زیر یک کیلوگرم و میوه‌های بدشکل به منزله غیر بازاریسند و بالای یک کیلوگرم با شکل نرمال به منزله بازاریسند در نظر گرفته شدند (Javanpour et al., 2015). در هر تیمار تاریخ گلدهی و تشکیل میوه ثبت شد و در زمان برداشت نیز تاریخ برداشت میوه‌ها ثبت شدند و به این ترتیب تعداد روز تا رسیدن میوه در هر تیمار آزمایشی محاسبه شد. جهت

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 رابطه‌های (۱) و (۲) مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) و گیاه خربزه (ET_C) محاسبه شد.

$$ET_C = ET_0 \times K_C \quad (1)$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2)$$

ET_C : نیاز آبی خربزه (mm/day)، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm/day) و K_C : ضریب گیاهی خربزه (بدون واحد). R_n : تشعشع خالص در سطح گیاه (MJ/m²/d)؛ G: جریان گرمایی خاک (MJ/m²/d)؛ T: متوسط درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری (°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/°C)؛ γ : ثابت سایکرومتری (kpa/°C)؛ ۹۰۰: ضریبی 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-مانتیت برآورد شد (Vaziri et al., 2008). 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 جمع حجم‌های روزانه محاسبه شد. به‌منظور محاسبه سطح سایه‌انداز گیاه در طول دوره رشد گیاه، قطر سایه‌انداز در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد.

$$T_d = U_d \cdot (0.1 \times P_d^{0.5}) \quad (3)$$

$$d_n = T_d \cdot f \quad (4)$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2(MaxEC_e)} \quad (5)$$

$$d = \frac{100d_n}{Eu(1 - LR)} \quad (6)$$

$$G = K \cdot d \cdot S_p \cdot S_r \quad (7)$$

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 آبیاری

نهایت با تقسیم وزن خشک بر وزن تر و ضرب حاصل به ۱۰۰، درصد وزن خشک به دست آمد.

$$(۱۰) \quad = \text{درصد وزن خشک میوه} \times 100 / (\text{وزن تر میوه}) / (\text{وزن خشک میوه})$$

کارایی مصرف آب با تقسیم نمودن عملکرد به آب مصرفی طی فصل رشد برحسب کیلوگرم بر مترمکعب برآورد گردید.

در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹ آنالیز شد و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آبیاری و توده بر تمام صفات در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. (جدول ۳). تیمار مرحله تنش‌دهی نیز بر تمامی صفات به جز اسیدیته میوه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اثر برهمکنش آبیاری در مرحله تنش‌دهی در صفات سطح برگ، طول بوته، عملکرد بوته و درصد گوشت میوه از نظر آماری معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری و توده در صفات سطح برگ، طول بوته و عملکرد بوته در سطح با احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در مرحله تنش‌دهی و توده در صفات عملکرد بازاری پسند بوته و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵ درصد و در صفات تعداد روز تا رسیدن میوه، مواد جامد محلول، ویتامین ث، درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند.

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) مشخص شد که میزان سطح برگ و طول بوته در توده خاتونی کمتر از توده ایوانکی بود و با اعمال تنش کم آبیاری در هر دو مرحله، میزان سطح برگ و طول بوته در هر دو توده کاهش یافت، همچنین با میانگین داده‌ها در رابطه با شاخص‌های رشدی مشخص شد که این میزان در توده خاتونی کمتر از توده ایوانکی بوده است (جدول ۵). یکی از پاسخ‌های مهم گیاه به تنش خشکی کاهش سطح برگ است. به محض اینکه آب برگ کاهش می‌یابد فشار تورژسانس بافت‌های برگ کاهش یافته و

محاسبه مواد جامد محلول نمونه‌ای از قسمت میانی میوه و از بخش گوشت میوه (مزوکارپ به همراه آندوکارپ) جدا شد، سپس عصاره میوه تهیه شد و یک الی دو قطره از آب میوه خربزه روی صفحه حسگر رفراکتومتر قرار داده شد و میزان مواد جامد محلول با رفراکتومتر دستی (مدل Atago, NI, Japan) بر اساس درصد بریکس (Brix) برآورد گردید. pH آب میوه با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد. میزان ویتامین ث (اسید آسکوربیک) با روش تیتراسیون یدومتری اندازه‌گیری شد. بدین منظور از بافت قسمت میانی میوه، به میزان ۱۰ میلی‌لیتر عصاره در ظرف ریخته و روی آن ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد اضافه شد و محلول حاصل با ید در یدید پتاسیم ۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ خاکستری تیترا گردید. سپس حجم مصرفی محلول رنگی ید در یدید پتاسیم یادداشت شده و با استفاده از فرمول زیر میزان ویتامین ث در ۱۰۰ سی‌سی نمونه بیان شد (Rahemi, 2008)

$$(۸) \quad A = (S \times N \times F \times 88.1) / C \times 100$$

A: میزان اسید آسکوربیک در عصاره میوه (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)، S: مقدار ید در یدید پتاسیم مصرف‌شده، N: نرمالیه محلول ید (۰/۰۱)، F: فاکتور محلول ید، C: حجم نمونه.

به‌منظور ارزیابی درصد گوشت میوه پس از برش طولی میوه، با خط‌کش میلی‌متری صفات طول و قطر میوه و حفره داخلی میوه، اندازه‌گیری و مقادیر بر اساس سانتی‌متر ثبت گردید و در نهایت درصد گوشت میوه با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Liu et al., 2004).

$$(۹) \quad = \text{درصد گوشت میوه}$$

$$[((a+b)^2 + (a'+b')^2) / (a+b)^2] \times 100$$

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

جهت اندازه‌گیری درصد وزن خشک میوه، تکه‌ای از گوشت میوه با وزن حدوداً ۱۰۰ گرم جدا شد و وزن تر آن با ترازوی دیجیتال ثبت گردید. پس از آن نمونه‌ها به آون انتقال یافت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها وزن شدند و وزن خشک آن‌ها به دست آمد. در

برگ‌ها شروع به پژمرده شدن می‌کنند. مناسب نبودن تورژانس سلولی، کاهش تقسیم سلولی و رشد را به دنبال دارد (Madhava Roa *et al.*, 2006). کاهش تعداد برگ در زمان تنش به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن، راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش است (Hakiminia *et al.*, 2013). کاهش طول بوته در اثر تنش خشکی به دلیل کاهش جذب آب، سطح برگ، فتوسنتز، و در نتیجه کاهش میزان آسمیلات می‌باشد (Pessark, 1999). بر اساس گزارش‌های موجود، در اثر تنش کم‌آبی سطح کل برگ می‌شود (Pourranjbari Saghaiesh *et al.*, 2018).

در بسیاری از گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Sarker *et al.*, 2005). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Barzegar *et al.* (2011) مبنی بر اثرات کم‌آبیاری و تنش بر کاهش طول بوته و سطح برگ مطابقت دارد. در بوته‌های جوان خربزه خاتونی نشان داده شده است که ویژگی‌های رشد و نمو گیاه شدیداً تحت تأثیر مقادیر منیزیم محلول غذایی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که کاهش غلظت منیزیم در محلول غذایی منجر به افزایش سطح برگ، احتمالاً جهت جبران کسب نور می‌شود (Pourranjbari Saghaiesh *et al.*, 2018).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری، مرحله تنش دهی و رقم بر بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب خربزه
Table 3. Results of variance analysis effect of deficit irrigation, stage of stress and cultivar on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of melon

Source of variation	df	Means of squares										
		Leaf area	Plant length	Plant yield	Marketable yield	Number of days to fruit ripening	TSS	pH	Vitamin C	Fruit flesh percentage	Fruit dry matter percentage	Water use efficiency
Replication	2	18.93 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.22	0.069 ^{ns}	0.21 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{**}	0.0005 ^{ns}	2.31 ^{**}	0.002	3.49 ^{**}
Irrigation	2	7488 ^{**}	4.80 ^{**}	57.09 ^{**}	66.53 ^{**}	197.8 ^{**}	12.69 ^{**}	0.25 ^{**}	0.268 ^{**}	117.2 ^{**}	5.05 ^{**}	180.1 ^{**}
Error a	4	19.05 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.145 ^{**}	0.017 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.024 ^{**}	0.001 ^{**}	2.64 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.97 ^{ns}
Stress stage	1	460.3 ^{**}	0.33 ^{**}	1.40 ^{**}	1.81 ^{**}	11.33 ^{**}	7.6 ^{**}	0.004 ^{ns}	0.011 ^{**}	10.4 ^{**}	3.47 ^{**}	9.4 ^{**}
Irrigation × stress stage	2	198.9 ^{**}	0.09 ^{**}	0.362 ^{**}	0.46 ^{**}	3.13 ^{**}	3.93 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.017 ^{**}	2.63 ^{**}	1.40 ^{**}	13.7 ^{**}
Error b	6	16.24 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0007 ^{**}	0.027 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.483 ^{ns}
Accession	1	26150 ^{**}	7.01 ^{**}	36.47 ^{**}	39.34 ^{**}	11.33 ^{**}	1.6 ^{**}	0.745 ^{**}	0.143 ^{**}	1347.7 ^{**}	7.70 ^{**}	457.9 ^{**}
Irrigation × accession	2	599.8 ^{**}	0.215 ^{**}	1.78 ^{**}	1.18 ^{**}	17.83 ^{**}	0.22 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.194 ^{**}	18.3 ^{**}
Stress stage × accession	1	11.59 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.060 ^{ns}	2.66 ^{**}	0.73 ^{**}	0.00001 ^{ns}	0.008 ^{**}	0.35 ^{ns}	0.629 ^{**}	2.05 ^{ns}
Irrigation × Stress stage × accession	2	2.98 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.215 ^{**}	0.767 ^{**}	0.44 ^{**}	0.0001 ^{ns}	0.003 ^{**}	0.66 ^{ns}	0.433 ^{**}	3.31 ^{**}
CV (%)		3.19	3.75	2.36	2.10	0.24	1.2	0.59	0.72	0.57	0.81	2.54

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار. *, **, ns: Significant differences at 5 and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری و مرحله تنش دهی بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب خربزه
Table 4. Mean comparison interaction effect of deficit irrigation and stage of stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of melon

Stress stage	Irrigation levels (% ETc)	Leaf area (cm ²)	Plant length (m)	Plant yield (kg)	Fruit flesh percentage (%)
Flowering	100	204.89 a	4.36 a	11.18 a	57.81 a
	80	188.61 c	3.34 c	9.79 c	53.99 c
	60	148.46 e	3 e	6.72 e	50.7 e
20 days after flowering	100	204.89 a	4.36 a	11.18 a	57.81 a
	80	194.05 b	3.68 b	10.44 b	55.5 b
	60	164.47 d	3.24 d	7.25 d	52.41 d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter are not significantly different at 5 % probability level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری و رقم بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب خربزه
Table 5. Mean comparison interaction effect of deficit irrigation and cultivar on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of melon

Accession	Irrigation levels (% ETc)	Leaf area (cm ²)	Plant length (m)	Plant yield (kg)
Khatooni	100	182.89 d	4.07 b	10.19 c
	80	167.53 e	3.03 d	8.71 d
	60	121.42 f	2.57 e	6.35 f
Ivanaki	100	226.89 a	4.65 a	12.17 a
	80	215.14 b	3.99 b	11.51 b
	60	191.52 c	3.67 c	7.61 e

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter are not significantly different at 5 % probability level.

با اعمال تنش کم آبیاری عملکرد بوته کاهش یافت، به طوری که با افزایش شدت تنش در هر دو مرحله تنش دهی، این کاهش بیشتر بود. شدت کاهش عملکرد در مرحله تنش دهی گلدهی بیشتر از مرحله تنش دهی بیست روز پس از گلدهی بود که احتمالاً به دلیل کاهش تولید گل در واحد سطح و افزایش سقط گل بود (جدول ۴). گزارش شده است که بروز دوره خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و افت فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند شده و قابلیت تولید گل در واحد سطح را کاهش می‌دهد. اعمال تنش رطوبتی در طول مراحل رویشی و زایشی و برخورد مراحل نموی با تنش رطوبتی، موجب ایجاد اختلال در فرآیند مذکور و در نتیجه کاهش تعداد میوه می‌گردد (Rojas *et al.*, 2002). با اعمال تنش کم آبیاری در هر دو توده، وزن میوه نیز کاهش یافت. از لحاظ ژنتیکی متوسط وزن میوه در توده ایوانکی بیشتر از خاتونی بود (Lotfi *et al.*, 2016). کاهش وزن متوسط میوه در اثر کم آبیاری 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 تبادل دی‌اکسید کربن در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر می‌شود (Sharma *et al.*, 2014). از طرف دیگر معمولاً رابطه مستقیمی بین میزان آب در دسترس گیاه و جذب عناصر غذایی در گیاه وجود دارد

(Pourrangbari Saghaiesh & Souri, 2018). کاهش در میزان جذب مواد غذایی مخصوصاً کلسیم، نیتروژن و پتاسیم می‌تواند عوارض سوئی بر کیفیت رشد و تولید گیاه داشته باشد (Souiri, 2016). تنش آبی در مرحله اولیه نمو میوه ممکن است بر تعداد سلول در میوه اثر منفی گذاشته و در نتیجه اندازه میوه را کاهش دهد (Long *et al.*, 2006). با توجه به حداکثر تقاضای مواد غذایی در مرحله رشد میوه، کمبود آب روی رشد بافت میوه تأثیر گذاشته و باعث کاهش حجم، وزن و عملکرد میوه می‌شود (Cui *et al.*, 2008). تنش آبی در مرحله رشد میوه نیز بر اندازه میوه تأثیر دارد. به دلیل این که گیاهان قبلاً برای تعداد میوه خاصی برنامه‌ریزی شده بودند با کمبود آب و مواد غذایی مواجه می‌شوند در نتیجه اندازه میوه کاهش می‌یابد (Sharma *et al.*, 2014). بین توده‌ها نیز از لحاظ عملکرد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و توده ایوانکی دارای عملکرد بیشتری نسبت به توده خاتونی بود (جدول ۵). عملکرد بیشتر توده ایوانکی به دلیل تعداد میوه و وزن بیشتر میوه‌های این توده بود. با اعمال تنش کم آبیاری در هر دو مرحله تنش دهی میزان عملکرد بازار پسند نیز کاهش یافت. شدت کاهش عملکرد بازار پسند در مرحله تنش دهی گلدهی بیشتر بود. با افزایش شدت تنش کم آبیاری تعداد میوه‌های بد شکل و میوه‌های زیر یک کیلوگرم افزایش یافت و منجر به کاهش میزان بازارپسندی میوه‌های این تیمارها شد. بیشترین میزان عملکرد بازارپسند در توده ایوانکی و در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر کم آبیاری، مرحله تنش دهی و رقم بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب خربزه
Table 6. Mean comparison interaction effect of deficit irrigation, stage of stress and cultivar on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of melon

Accession	Stress stage	Irrigation levels (% ETc)	Number of days to fruit ripening	Marketable yield (kg)	TSS (%)	Vitamin C (mg100ml ⁻¹)	Fruit dry matter percentage (%)	Water use efficiency (kg/m ³)
Khatooni	Flowering	100	57	9.94 d	8.48 ed	1.86 c	7.29 h	32.33 ed
		80	53	7.56 f	11.05 a	1.71 f	7.92 f	31.6 e
		60	50	5.47 i	10.23 bac	1.48 h	8.66 c	29.36 f
	20 days after flowering	100	57	9.94 d	8.48 ed	1.86 c	7.29 h	32.33 ed
		80	56	8.68 e	9.14 dc	1.76 e	7.5 g	33.7 cd
		60	52	5.95 h	9.89 ed	1.63 g	8.01 f	25.63 g
Ivanaki	Flowering	100	59	12.17 a	9.1 edc	1.99 a	8.01 f	38.63 b
		80	57	10.58 c	10.4 ba	1.89 b	8.86 b	43.2 a
		60	49	6.74 g	9.56 bdc	1.64 g	10.57 a	34.3 c
	20 days after flowering	100	59	12.17 a	9.1 edc	1.99 a	8.01 f	38.63 b
		80	58	10.93 b	10.37 ba	1.81 d	8.26 e	41.93 a
		60	49.73	7.49 f	7.98 e	1.74 e	8.52 d	31.06 e

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

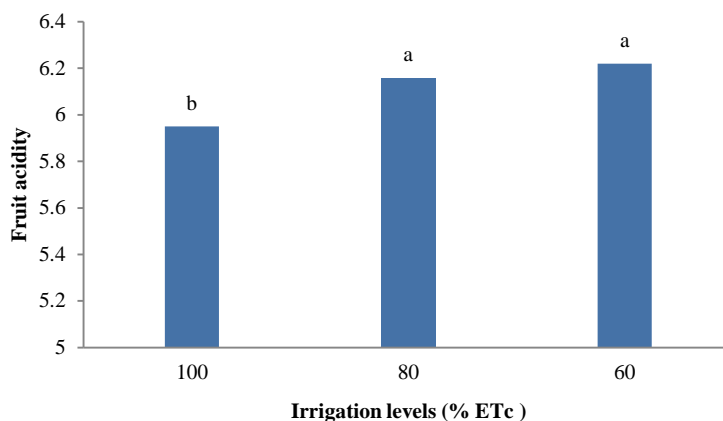
In each column means followed by at least a common letter are not significantly different at 5 % probability level.

میوه در اثر ریزش گل و در نتیجه افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه باشد (Pew *et al.*, 1983). در مطالعه حاضر بیشترین میزان مواد جامد محلول در دو توده خربزه، در مرحله تنش‌دهی گلدهی با شرایط آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۶). دلیل افزایش نسبی مواد جامد محلول این تیمار نسبت به سایر تیمارها احتمالاً به دلیل کاهش تعداد میوه به علت تنش در مرحله گلدهی گیاه، نسبت به سایر تیمارها بود. کاهش جزئی در میزان مواد جامد محلول در شرایط تنش شدیدتر احتمالاً به دلیل شدت تنش بالا و کاهش میزان فتوسنتز در این تیمار است. در این شرایط میزان آسمیلات کمتری در طول دوره بحرانی تجمع قند به میوه‌ها رسیده در نتیجه مواد جامد محلول کمتری نسبت به تنش ملایم‌تر تجمع می‌یابد. نتایج ما با گزارش Fabero *et al.* (2002) که اظهار داشتند تنش کم‌آبی در مرحله تشکیل میوه و رسیدن میوه باعث بهبود مواد جامد محلول در خربزه می‌گردد، مطابقت داشت. گزارشات نیز مبنی بر افزایش مواد جامد محلول در خربزه‌های ایرانی تحت شرایط کم‌آبیاری وجود دارد (Delshad *et al.*, 2013; Lotfi *et al.*, 2016; Heydarian *et al.*, 2017).

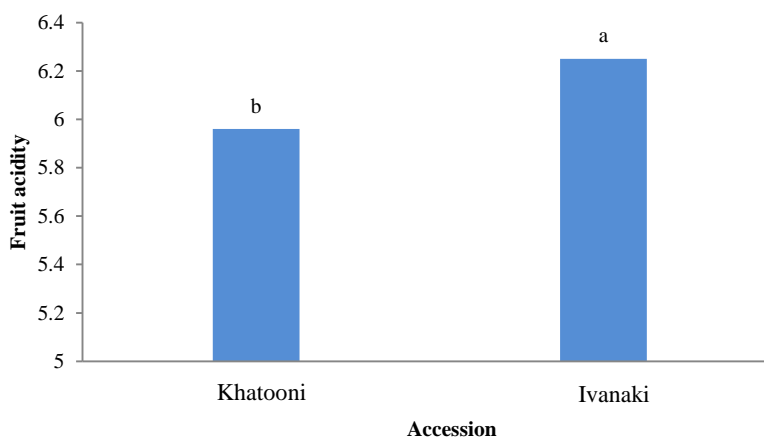
اسیدیته میوه بین توده‌ها تفاوت معنی‌دار داشت و میوه توده ایوانکی از pH بیشتری نسبت به توده خاتونی برخوردار بود (شکل ۲). با کاهش آبیاری میزان pH میوه افزایش یافت (شکل ۱). از مهم‌ترین اسیدهای آلی میوه خربزه می‌توان به اسیدسوکسینیک، اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک اشاره کرد که میزان این اسیدها به ژنوتیپ گیاه، فصل و مرحله رشد و بلوغ میوه بستگی دارد (Beaulieu *et al.*, 2007; Kader, 2008). به موازات تغییرات در کربوهیدرات‌های محلول در طی رسیدن میوه، pH نیز تغییر می‌کند (Beaulieu *et al.*, 2003). دمای زیاد ایجاد شده ناشی از تنش خشکی باعث افزایش تنفس می‌شود، بنابراین اسیدهای آلی به عنوان سوسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند که این امر باعث افزایش اسیدیته در اثر تنش خشکی می‌گردد (Munger *et al.*, 1991). Lotfi *et al.* (2016) با مطالعه اثر تنش کم‌آبی روی خربزه شاهد افزایش اسیدیته میوه خربزه در شرایط تنش شدند.

از لحاظ ژنتیکی مدت زمان بین گلدهی تا رسیدن میوه در توده ایوانکی بیشتر از توده خاتونی بود ولی در هر دو توده با اعمال تنش کم‌آبیاری این دوره کاهش یافت که این کاهش در توده ایوانکی بیشتر بود (جدول ۶). این تغییرات احتمالاً به دلیل مکانیزم فرار از خشکی در گیاهان می‌باشد. فرار از خشکی به توانایی یک گیاه برای رسیدن به مرحله بلوغ قبل از فرارسیدن خشکی گفته می‌شود. به عبارت دیگر، فرار یعنی قابلیت یک گیاه در طی کردن مراحل فنولوژیک و رسیدگی، قبل از این که تنش خشکی به صورت یک عامل محدود کننده جدی درآید (Kafi *et al.*, 2009). هنگام تنش خشکی، گیاه با کاهش تعداد برگ و تجمع زیاد اتیلن، راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر فراهم می‌کند (Hakimnia *et al.*, 2013). گزارش شده است که تنش خشکی رسیدن پیش از بلوغ میوه را در خربزه تسریع می‌کند (Rojas *et al.*, 2002).

با اعمال تنش کم‌آبیاری در هر دو مرحله تنش دهی میزان مواد جامد محلول افزایش یافت ولی با افزایش شدت تنش کاهش جزئی مشاهده شد. در پژوهش حاضر همانند مطالعات پیشین مشاهده شد که تیمار شاهد در توده خاتونی از لحاظ ژنتیکی میزان مواد جامد محلول بیشتری نسبت به توده ایوانکی داشت (Lotfi *et al.*, 2016) (جدول ۶). تجمع مواد جامد محلول در سلول و کاهش میزان آب ذخیره شده در میوه به دلیل افزایش تولید هورمون آبسزیک اسید و غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی در شرایط خشکی می‌باشد (Long *et al.*, 2005). در مطالعه‌ای Barzegar *et al.* (2011) گزارش دادند که به علت کاهش میزان آب دریافتی توسط میوه و افزایش نسبت قند و در نتیجه ماده خشک میوه، میزان مواد جامد محلول در میوه خربزه تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد. آن‌ها 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. افزایش میزان مواد جامد محلول تحت شرایط کم‌آبی می‌تواند به دلیل کاهش تعداد



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر کم آبیاری بر اسیدیته میوه خربزه
Figure 1. Mean comparison effect of deficit irrigation on fruit acidity of melon



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر توده بر اسیدیته میوه خربزه
Figure 2. Mean comparison effect of accession on fruit acidity of melon

گوشت میوه کاسته شد (جدول ۴). توده ایوانکی از لحاظ ژنتیکی از درصد گوشت میوه بالاتری نسبت به توده خاتونی برخوردار بود (Lotfi *et al.*, 2016). کم آبیاری با کاهش تورژانس گیاه باعث کاهش میزان رشد و توسعه سلولها و کاهش جریان دی اکسیدکربن و کربوهیدراتها از غشای سلولی می شود و بر روابط منبع-مقصد اثر می گذارد (El-hady *et al.*, 2006). کمبود آب همچنین موجب کاهش جذب نیتروژن شده و کمبود نیتروژن نیز مانع بزرگ شدن سلولها می شود از این رو اندازه میوهها تحت شرایط کم آبیاری کاهش می یابد (Reddy *et al.*, 2004). کاهش اندازه میوه نیز ممکن است به علت تحت تأثیر قرارگرفتن تأمین مواد پرورده، کاهش قدرت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی، کاهش اندازه فضای بین

در هر دو توده با افزایش شدت تنش کم آبیاری در هر دو مرحله، میزان ویتامین ث میوه کاهش یافت (جدول ۶). در مطالعات پیشین گزارش شده است که آسکوربیک اسید یک آنتی اکسیدان محلول در آب است و به عنوان سوپسترای اولیه در چرخه سمیت زدایی پراکسید هیدروژن فعالیت می کند و همچنین در فرایندهای رشد و نمو گیاه مانند تقسیم سلولی، توسعه دیواره و دیگر فرایندهای نموی نقش دارد (Ashraf, 2010). تنش کم آبی روی خربزه در طول دوره رشد میوه به طور قابل توجهی میزان ویتامین ث را کاهش می دهد (Sharma *et al.*, 2014; Zeng *et al.*, 2009) که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی دارد. با اعمال تنش کم آبیاری در هر دو مرحله از میزان

سلولی و همچنین کاهش دوره رشد میوه در اثر تنش خشکی باشد (Barzegar *et al.*, 2011). در شرایط تیمار شاهد، گیاه با دریافت میزان آب مورد نیاز رشد و تقسیم سلولی خود را تا رشد ایده‌آل میوه‌های خود ادامه داده ولی با کاهش آب مورد نیاز گیاه بسته به زمان تنش‌دهی، رشد و نمو میوه‌ها کاهش یافته است. آبیاری کافی منجر به جذب مقادیر کافی عناصر غذایی در ریشه و برگ شده که منجر به انجام فتوسنتز متعادل و در نهایت و تولید ماده آلی در گیاه می‌گردد (Souri, 20016). کمترین میزان درصد گوشت میوه در تیمار کم‌آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. با توجه به این که تنش کم‌آبیاری در مرحله اولیه نمو میوه اعمال شده است، بر تعداد سلول میوه اثر منفی گذاشته و در نتیجه اندازه میوه به‌طور چشمگیری کاهش یافته است (Long *et al.*, 2006). در پژوهشی با بررسی اثر تنش کم‌آبیاری روی چند توده خربزه ایرانی گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش درصد گوشت میوه گردید (Heydarian *et al.*, 2017).

در هر دو توده با افزایش شدت تنش میزان درصد ماده خشک میوه افزایش یافت. بیشترین میزان درصد ماده خشک میوه در شرایط تنش در مرحله گلدهی و آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و در توده ایوانکی مشاهده شد (جدول ۶). تفاوت بین توده‌ها از لحاظ درصد ماده خشک احتمالاً به دلیل تفاوت در بافت میوه این دو توده خربزه است. با توجه به شدیدتر و طولانی‌تر بودن کم‌آبیاری در تیمار آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی و همچنین همزمان شدن اعمال کم‌آبیاری با مراحل اولیه رشد میوه، این افزایش نسبی در درصد ماده خشک میوه نسبت به سایر تیمارها قابل توجیه است. هر چه آب در دسترس گیاه کمتر شود از میزان آب آزاد اندام‌های گیاه کاسته شده و آب به‌صورت 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 (Ascher & Cumming, 1991). نتایج حاصل از پژوهش حاضر با یافته‌های

Delshad *et al.* (2013) مبنی بر افزایش ماده خشک میوه خربزه در شرایط کم‌آبیاری همخوانی دارد. تغییرات کارایی مصرف آب دو توده متفاوت بود. در توده ایوانکی با اعمال کم‌آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی در هر دو مرحله کارایی مصرف آب افزایش یافت ولی با اعمال کم‌آبیاری شدیدتر، کارایی مصرف آب کاهش یافت. در توده خاتونی با افزایش شدت کم‌آبیاری در مرحله گلدهی، کارایی مصرف آب کاهش یافت که احتمالاً علت آن سقط گل و کاهش تعداد میوه بیشتر این توده نسبت به توده ایوانکی است. در مرحله دوم کم‌آبیاری در شرایط آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی، کارایی مصرف آب توده خاتونی به بیشترین سطح خود رسید و با اعمال کم‌آبیاری شدیدتر به کمترین میزان خود رسید. کمترین میزان کارایی مصرف آب در هر دو توده، با اعمال کم‌آبیاری در مرحله بیست روز پس از گلدهی همراه با آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. در تمام سطوح آبیاری، کارایی مصرف آب توده ایوانکی بیشتر از توده خاتونی بود (جدول ۶). لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که توده ایوانکی علاوه بر این که دارای وضعیت بهتری در شاخص‌های رشدی و عملکردی بود، از نظر کارایی مصرف آب نیز دارای وضعیت بهتری است و نسبت به توده خاتونی به کم‌آبی مقاوم‌تر است. گزارش شده است که شدت تأثیر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب به عواملی همچون گونه گیاهی، مرحله فنولوژیکی مواجهه با تنش و شدت تنش وابسته است (Keshavars *et al.*, 2012; Kumari, 1988). در مطالعه‌ای با بررسی اثر تنش کم‌آبیاری روی برخی توده‌های خربزه ایرانی گزارش شد که با افزایش شدت کم‌آبیاری میزان کارایی مصرف آب افزایش یافت. در این مطالعه توده‌های خربزه مورد بررسی نیز از لحاظ کارایی مصرف آب دارای تفاوت معنی‌داری بودند (Heydarian *et al.*, 2017).

نتیجه‌گیری کلی

بین دو توده خربزه از نظر شاخص‌های کمی و کیفی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و توده ایوانکی دارای عملکرد و کیفیت بیشتری نسبت به توده خاتونی بود.

نیاز آبی با تعدیل نمودن تعداد میوه‌های بوته، از ضرورت انجام تراش بوته خربزه که امری زمانبر و هزینه‌بر است جلوگیری می‌کند. در مجموع پیشنهاد می‌شود که با توجه به بحران کم‌آبی انجام آبیاری با تامین ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی گیاه به عنوان تیمار کارآمدتر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از دانشگاه زنجان به جهت حمایت‌های مالی از این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۶۰ درصد در هر دو مرحله تنش‌دهی موجب کاهش چشمگیر عملکرد شد ولی در شرایط آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی عملکرد کاهش محسوسی نداشت و حتی در توده ایوانکی کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت. همچنین در این شرایط میزان مواد جامد محلول که فاکتوری مهم در کیفیت میوه خربزه به‌شمار می‌رود به بالاترین سطح خود رسید. از طرفی با توجه به گلدهی مداوم بوته خربزه در طی فصل رشد، اعمال کم‌آبیاری در مرحله گلدهی با ۸۰ درصد

REFERENCES

- Ascher, R.G. & Cumming, J.R. (1991). Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. *The Quarterly Review of Biology*, 66, 343-344.
- Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advance*, 28, 169-183.
- Barzegar, T., Delshad, M., Majdabadi, A., Kashi, A. & Ghashghaei, J. (2011). Effects of Water Stress on Yield, Growth and some Physiological Parameters in Iranian Melon. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(4), 357-363. (in Farsi)
- Beaulieu, J.C. & Lea, J.M. (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, J.C., Lea, J.M., Eggleston, G. & 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.
- Bota, J., Flexas, J. & Medrano, H. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist*, 162, 671-681.
- Cui, N., Du, T., Kang, S., Li, F., Zhang, J., Wang, M. & Li, Z. (2008). Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees. *Agricultural Water Management*, 95(4), 489-497.
- Daneshmand, F. (2014). The effect of ascorbic acid on reduction of oxidative stress caused by salinity in potato. *Journal of plant Researches (Iranian Journal of Biology)*, 27(3), 417-426. (in Farsi)
- Delshad, M., Barzegar, T., Kashi, A. & Haghbin, K. (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), 169-178. (in Farsi)
- El-hady, O.A. & Wanas, Sh.A. (2006). Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acryl amid hydrogels. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (12), 1293-1297.
- Fabeiro, C., Martín, N.F. & Juan, J.A. (2002). Production of muskmelon (*cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, 54, 93-105.
- Foyer, C.H., Valadier, M., Migge, A. & Becker, T. (1998). Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. *Plant Physiology*, 177, 283-292.
- Hakiminia, E., Bolandnazar, S. & Tabatabaei, S.J. (2013). Deficit irrigation during different growing stages affects growth characteristics, yield and water use efficiency of onion. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(3), 11-27. (in Farsi)
- Heydarian, N. (2016). *Assessment of water deficit stress tolerance in some Iranian melon (Cucumis melo L.) accessions*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran. (In Farsi).
- Heydarian, N., Barzegar, T. & Ghahremani, Z. (2017). Effect of water deficit stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some Iranian melon accessions. *Agricultural Crop Management*, 19(2), 287-302. (in Farsi)
- Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. & Cheema, M.A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(3), 193-199.

17. Imam, Y. & Zavarehi, M. (2005). *Drought tolerance in Higher plants (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis)*. Academic Publishing Center of Tehran, Iran. 186 pp. (in Farsi)
18. Javanpour, A., Salehi-Mohammadi, R., Nejadsahebi, M. & 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 Farsi)
19. Kader, A.A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11), 1863-1868.
20. Kafi, M., Borzoi, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A. & Nabati, J. (2009). *Environmental stress physiology in plants*. (pp155). Jahad Mashhad University Press. (in Farsi)
21. Kashi, A. & Abedi, B. (1998). Investigation on the effects of pruning and fruit thinning on the yield and fruit quality of melon cultivars (*Cucumis melo* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*. 29(3), 619-626. (in Farsi)
22. Keshavars, L., Farahbakhsh, H. & Golkar, P. (2012). The effects of drought stress and absorbent polymer on morph-physiological traits of Pear Millet. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3 (1), 148-154.
23. Kesiime, V.E. (2014). *Inheritance of tolerance to drought from selected potato (Solanum tuberosum) cultivars in Uganda*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Makerere University, Kampala, Uganda.
24. Kumari, S. (1988). The effect of soil moisture stress on the development and yield of millet. *Agronomy Journal*, 57, 480-487.
25. Kyriacou, M.C., Leskovar, D.I., Colla, G. & Roupheal, Y. (2018). Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. *Scientia Horticulture*, 234, 393-408.
26. Liu, L., Kakihara, F. & Kato, M. (2004). Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf-life of fruit. *Euphytica*, 135(3), 305.
27. Long, R.L., Walsh, K.B., Midmore, D.J. & Rogers, G. (2006). Irrigation scheduling to increase muskmelon fruit biomass and soluble solids concentration. *HortScience*, 41(2), 367-369.
28. Long, R.L., Walsh, K.B., Rogers, G. & Midmore, D.M. (2004). Source Source-sink manipulation to increase melon fruit biomass and soluble sugar content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 1241-1251.
29. Long, R.L., Walsh, K.B., Rogers, G. & Midmore, D.J. (2005). Source-sink manipulation to increase melon (*Cucumis melo* L.) fruit biomass and soluble sugar content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(12), 1241-1251.
30. Lotfi, H., Barzegar, T., Rabiei, V., Ghahramani, Z. & Nikbakht, J. (2016). Evaluation the effect of water stress on fruit quality and quantity of some Iranian melons. *Agricultural Crop Management*, 18(1), 157-171. (in Farsi).
31. Madhava Roa, K.V., Raghavendra, A.S. & Janardhan Reddy, K. (2006). *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plant*. (pp.15-39.) Springer Science.
32. Munger, H.M. & Robinson, R.W. (1991). Nomenclature of *Cucumis melo* L. cucurbit genet. *Cooperative Reputation*, 14, 53.
33. Pessark, M. (1999). *Handbook of plant and crop stress*. (pp 697.) Marcle Dekker Inc.
34. Pew, W.D & Gardner, B.R. (1983). Effects of irrigation practices on vine growth, yield and quality of muskmelons. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 108, 134-137.
35. Pourranjbari Saghaiesh, S., & Souri M.K. (2018). Root growth characteristics of Khatouni melon seedlings as affected by potassium nutrition. *Hortorum Cultus*, 17(5), 191-198.
36. Pourranjbari Saghaiesh, S., Souri M.K. & Moghaddam, M. (2018). Effects of different magnesium levels on some morphophysiological characteristics and nutrient elements uptake in Khatouni melons (*Cucumis melo* var. inodorus). *Journal of Plant Nutrition*, 41(20), 1-13.
37. Rahemi, M. (2008). *Postharvest: an introduction to the physiology handling of fruit vegetables & ornamentals*. (pp 200.). Shiraz University Press. (In Farsi).
38. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. & Vivekanandam, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. *Journal of Plant Physiology*, 161(11), 1189-1202.
39. Ripoll, J., Urban, L., Staudt, M., Lopez-Lauri, F., Bidel, L.P. & Bertin, N. (2014). Water shortage and quality of fleshy fruits-making the most of the unavoidable. *Journal of Experimental Botany*, 65(15), 4097-4117.
40. Rojas, M.M., Crosby, K.M. & Louzada, E.S. (2002). Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. *Plant Science*, 54, 6-10.
41. Sarker, B.C., Hara, M. & Uemura, M. (2005). Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae*, 103(4), 387-402.

42. Sharma, S.P., Leskovar, D.I., Crosby, K.M., Volder, A. & Ibrahim, A.M.H. (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.
43. Souri, M.K. (2016). Amino chelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1, 118-123.
44. Vaziri, J., Salamat, A., Heidari, N. & Dehghani-sanich, H. (2008). *Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. (Translated) (pp 250.). Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID) Press, Tehran. (in Farsi)
45. Zeng, C.Z., Bie, Z.L. & Yuan, B.Z. (2009). Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*, 96(4), 595-602.