

واکنش رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانه رقم چارلستون‌گری پیوندشده رو پایه هندوانه ابوجهل به تنش کم آبیاری

جاسم پرخیده^۱، طاهر برزگر^{۲*} و فاطمه نکونام^۳

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

۳. دانشجوی سابق دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبیاری بر رشد، عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانه رقم چارلستون‌گری پیوندی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در دانشگاه زنجان انجام شد. تیمارهای آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار پیوند شامل گیاهان پیوندی روی پایه هندوانه ابوجهل و گیاهان غیر پیوندی بود. نتایج نشان داد، تنش کم آبیاری به طور معنی داری رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب را کاهش و درصد نشت یونی و محتوای پرولین را افزایش داد. بیشترین میزان عملکرد میوه و کارایی مصرف آب در گیاهان غیر پیوندی و پیوندی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد. بیشترین مواد جامد محلول میوه در گیاهان پیوندی تحت آبیاری ۵۰ درصد ثبت شد. بیشترین سطح برگ، طول بوته، سفتی گوشت میوه، محتوای نسبی آب برگ در گیاهان غیر پیوندی با آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد. بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان پیوندی تحت کم آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد. پایه هندوانه ابوجهل در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد باعث کاهش غلظت کلسیم و افزایش میوه‌های پوسیدگی گلگاه داشت. ولی با اعمال تنش کم آبیاری بیشتر، غلظت کلسیم در گیاهان غیر پیوندی کاهش و عارضه پوسیدگی گلگاه افزایش یافت. با توجه به نتایج، پیوند روی پایه هندوانه ابوجهل اثر مثبتی نداشته است.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی گلگاه، کارایی مصرف آب، مواد جامد محلول، وزن میوه.

Growth, yield and physiological responses of watermelon cv. Charleston Gray grafted on bitter apple (*Citrullus colocynthis* L.) rootstock under deficit irrigation stress

Jasem Parkhideh¹, Taher Barzegar^{2*} and Fatemeh Nekoum³

1, 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3. Former Ph. D. Student, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May 22, 2017 - Accepted: Aug. 28, 2017)

ABSTRACT

In order to study the effect of deficit irrigation stress on growth, yield and physiological traits of watermelon (*Citrullus lanatus* cv. Charleston Gray), an experiment was carried out in a split plot based on randomized complete block design with three replicates in university of Zanjan. Treatments consisted of three irrigation levels (100%, 70% and 50% Crop Evapotranspiration (ETc)) and grafting (plants grafted on bitter apple and ungrafted plants). Results showed that deficit irrigation stress significantly decreased growth, yield and water use efficiency (WUE) and increased electrolyte leakage and proline content. The highest value of fruit yield and WUE were obtained in ungrafted and grafted plants under irrigation 100% ETc. The maximum soluble solid content was recorded at grafted plant under deficit irrigation 50% ETc. The highest leaf area, plant length, fruit firmness and RWC were obtained in ungrafted plants under irrigation 100% ETc. The maximum POX activity was observed in grafted plants under deficit irrigation 50% ETc. Bitter apple rootstock decreased calcium concentration under irrigation 100% and 70% ETc and increased blossom end rot (BER), but by increasing deficit irrigation stress, calcium concentration in ungrafted plants was decreased and BER was increased. According to the results, grafting on bitter apple rootstock had no positive effects.

Keywords: Blossom end rot, fruit weight, total soluble solids, water use efficiency.

* Corresponding author E-mail: tbarzegar@znu.ac.ir; barzegar.ta@gmail.com

مقدمه

هندوانه با نام علمی *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai یکی از سبزی‌های میوه‌ای مهم تجاری است که در سطح گسترده‌ای در سراسر جهان کشت می‌شود و ۲۲ درصد سطح برداشت سبزی‌ها را شامل می‌شود. سطح زیر کشت هندوانه در ایران ۱۳۲۷۸۶ هکتار و میانگین عملکرد آن ۲۶/۸ تن در هکتار است و با تولید ۳۵۶۸۱۳۴ تن رتبه سوم جهان را دارد (FAO, 2014). کم‌آبیاری به‌عنوان یک رویکرد ارزشمند برای تولید پایدار و بهبود کارایی مصرف آب به‌ویژه در مناطقی که با کمبود آب روبه‌رو هستند، مورد توجه قرار گرفته است. این روش در گیاهان مختلف به‌منظور افزایش بهره‌وری آب بدون ایجاد کاهش شدید عملکرد، موفقیت‌آمیز بوده است (Al-Ghobari et al., 2013). یکی از راهکارهای جدید و مؤثر برای افزایش تحمل گیاهان به تنش کم‌آبیاری، پیوند گیاهان روی پایه‌های متحمل به کم‌آبیاری است (Core, 2005). بررسی‌های زیادی در مورد تأثیر پایه‌ها روی کدوئیان انجام شده است. پیوند خربزه توده زردجلالی روی پایه‌های شینتوزا و فرو در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی، عملکرد کل را به ترتیب ۲۳/۰۷ و ۱۴/۱۹ درصد در شرایط تنش کم‌آبیاری افزایش داد (Ramezan et al., 2016). پیوند هندوانه روی پایه کدو (*PS 1313: Cucurbita maxima* Duchesne × *Cucurbita moschata* Duchesne) نشان داد، عملکرد میوه بازارپسند گیاهان پیوندی در شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی بیش از ۶۰ درصد افزایش داشته است. در این بررسی کارایی مصرف آب برای عملکرد گیاهان پیوندی در تیمارهای تنش کم‌آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به ترتیب ۱۳/۲، ۱۳/۹ و ۱۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Rouphael et al., 2008a). همچنین پیوند هندوانه ریز روی این پایه، باعث افزایش جذب CO₂ خالص، میزان هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل اسمزی در شرایط تنش کم‌آبیاری شد (Rouphael et al., 2008b). استفاده از پایه‌های کدوخلوایی (*Cucurbita moschata* (L.)) کدو قلیانی (*Lagenaria siceraria* L.) و خربزه توده زردجلالی

(*Cucumis melo* L.) به‌عنوان پایه برای خیار رقم دومینوس در شرایط تنش کم‌آبیاری، سطح برگ را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بیشترین سطح برگ در گیاهان پیوندی روی پایه کدوخلوایی و کمترین سطح برگ در گیاهان پیوندی روی پایه کدو قلیانی مشاهده شد (Mesgari et al., 2016). هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) یکی از گونه‌های وحشی با ارزش متحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده است که می‌تواند برای اصلاح رقم‌های هندوانه بهره‌بردار شود (Levi et al., 2016). این گیاه به تنش خشکی و شوری (Dane et al., 2006) و برخی بیماری‌ها و ویروس‌ها (Dabauza et al., 1997) مقاوم است. استفاده از هندوانه ابوجهل به‌عنوان پایه برای هندوانه باعث افزایش مقاومت به بیماری‌های پژمردگی قارچی، پوسیدگی قهوه‌ای و پوسیدگی ریشه شده است (Borgi et al., 2009). میوه هندوانه ابوجهل سمی بوده و از مواد سمی آن می‌توان کولوسینتین (*Colocynthine*) و کولوسینتین (*Colocynthine*) را نام برد (Kunkel et al., 1998). برگ‌های هندوانه ابوجهل حاوی کوکوروبیتاسین A، B، C، D، E (Tannin-Spitz et al., 2007) و ریشه گیاه حاوی کوکوروبیتاسین E (α -elaterin)، هنتریاکونتان و ساپونین (Duke, 1983) است. پیوند یک روش مؤثر برای بهبود کیفیت میوه در شرایط رشد مطلوب و تنش است. کیفیت میوه روی ساقه، تا حدودی بستگی به شبکه ریشه دارد (Flores et al., 2010). Yetisir et al. (2003) در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند، عامل‌های کیفی مانند مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، ضخامت پوست و شکل میوه هندوانه تا حد زیادی تحت تأثیر پیوند قرار گرفتند. در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، مقدار قند کل هندوانه پیوندی روی پایه کدو قلیانی نسبت به ریشه خود هندوانه پایین‌تر بوده است (Liu et al., 2006). پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه بادنجان (VFR Takii)، میزان کلسیم میوه را در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی کاهش داد (Poudel & Lee, 2009). اگرچه تأثیر پایه‌های مختلف کدوئیان در شرایط تنش کم‌آبیاری بر رشد، عملکرد و فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان بررسی شده است، ولی اطلاعات کمی در مورد پاسخ‌های رشدی و

آن‌ها اعمال شد. در مجموع مدت‌زمان لازم از زمان پیوند تا پایان عمل مقاوم‌سازی و آماده شدن نشاهای پیوندی برای کشت در مزرعه، ۲۰ روز به طول انجامید. با آماده شدن نشاهای پیوندی و غیر پیوندی و انتقال به مزرعه، بوته‌ها با فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی ردیف‌هایی با فاصله ۲۰۰ سانتی‌متر نشاکاری شدند. جدول ۱ ویژگی‌های خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد.

پس از استقرار اولیه گیاهان در مزرعه، تیمارهای تنش کم‌آبیاری اعمال شد (Barzegar *et al.*, 2011). با توجه به اینکه گیاهان پیوندی در مرحله چهار برگی آماده انتقال به مزرعه شدند، پس انتقال نشاهای پیوندی و غیر پیوندی به مزرعه، به منظور استقرار گیاهان، برای همه گیاهان تا مرحله پنج‌برگی به طور منظم آبیاری کامل انجام گرفت و اعمال تیمارهای کم‌آبیاری برای همه گیاهان در مرحله شش تا هفت برگی آغاز شد. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه فراسنجه (پارامتر)های هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی زنجان (جدول ۳) و رابطه ۱ برآورد شد.

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

ET_c : نیاز آبی هندوانه (میلی‌متر در روز)، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_c : ضریب گیاهی هندوانه، لازم به توضیح است مقادیر ET_0 با روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیث برآورد شد.

پس از محاسبه مقادیر ET_c ، مقادیر نیاز خالص و ناخالص آب آبیاری گیاه هندوانه بر پایه فاصله‌های کشت، نوع سامانه آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری (دو روز) برآورد شد و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. نیاز آبی دیگر تیمارها (تیمارهای تنش کم‌آبی) بر پایه نیاز آبی تیمار شاهد (۲/۲۳۴۵ مترمکعب در هکتار) و درصد تنش آبی، برآورد و توزیع شد (Vaziri *et al.*, 2009).

فیزیولوژیکی کدوئیان به پایه هندوانه ابوجهل در شرایط کم‌آبیاری و اثر آن بر عملکرد و کیفیت میوه وجود دارد. بنابراین، این پژوهش باهدف بررسی واکنش رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانه رقم چارلستون‌گری پیوندشده بر پایه هندوانه ابوجهل در شرایط تنش کم‌آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و تیمارهای آزمایشی

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در گلخانه و آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی و مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (عامل اصلی) در سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار پیوند (عامل فرعی) شامل گیاهان غیر پیوندی و گیاهان پیوندی روی پایه هندوانه ابوجهل بود. در این پژوهش هندوانه رقم چارلستون‌گری (*Citrullus lanatus* cv. Charleston Gray) به عنوان پیوندک استفاده شد. بذره‌های گیاهان هندوانه ابوجهل در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۴ درون سینی‌های مخصوص کاشت بذر در بستر حاوی پیت ماس در گلخانه (دمای $27 \pm 3^\circ\text{C}$ روز و $20 \pm 3^\circ\text{C}$ شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت شدند. بذره‌های رقم چارلستون‌گری در تاریخ ۱۸ فروردین ۱۳۹۵ درون گلدان‌های حاوی کود دامی، خاک‌برگ و ماسه به نسبت یکسان کشت شدند. با رشد گیاهان و ظاهر شدن نخستین برگ حقیقی، گیاهان پایه و پیوندک برای عملیات پیوند آماده شدند. در این پژوهش از روش پیوند نیمانییم استفاده شد. پس از انجام عملیات پیوند، گیاهان به یک مینی‌تونل با رطوبت نسبی بیش از ۹۵ درصد و دمای ۲۷-۳۰ درجه سلسیوس انتقال یافتند. گیاهان پیوندی به مدت ده روز در این محیط قرار داشتند و سپس عمل مقاوم‌سازی به مدت ده روز روی

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical parameters of the experiment location

pH	EC (dS/m)	Nitrogen (%)	Calcium (g/kg)	Sodium (g/kg)	Potassium (g/kg)	Organic matter (%)	Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
7.4	1.49	0.07	0.12	0.13	0.20	0.94	Loamy clay	25	38	37

صفات مورد ارزیابی

در پایان فصل رشد، طول بوته برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد کل، میوه‌ها در پایان فصل رشد برحسب زمان رسیدگی آن‌ها برداشت شدند و در نهایت شمار میوه برای هر بوته، میانگین وزن میوه و عملکرد کل به دست آمد. کارایی مصرف آب (WUE)، با تقسیم کردن عملکرد (Y) برحسب کیلوگرم در هکتار به آب مصرفی (W) برحسب مترمکعب در مدت فصل رشد برحسب کیلوگرم در مترمکعب برآورد شد (رابطه ۲).

$$WUE=Y/W \quad (2)$$

میانگین سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل DELTA-T DEVICES LTD، انگلیس) برحسب سانتی‌متر مربع انجام گرفت. سفتی گوشت میوه با استفاده از فشارسنج دستی (327Mc cormic-FT، ایتالیا) اندازه‌گیری شد. بدین منظور لایه پوست روی میوه از سه نقطه متفاوت حذف شد و نوک فشارسنج با قطر ۱۱ میلی‌متر به درون بافت میوه فشار داده شد و میزان سفتی برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع خوانده شد. غلظت مواد جامد محلول با استفاده از شکست‌سنج (رفراکتومتر) دستی (مدل N1، شرکت Atago، ژاپن) برحسب بریکس ثبت شد.

محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد. در این رابطه FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع است. وزن اشباع با قرار گرفتن نمونه‌ها در آب و تاریکی به مدت ۲۴ ساعت به دست می‌آید، آنگاه این نمونه‌ها در آن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و وزن خشک اندازه‌گیری شد (Hanson & Hitz, 1982).

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad (3)$$

به منظور محاسبه نشت یونی از روش Ben Hamed *et al.* (2007) استفاده شد. درصد نشت یونی از رابطه ۴ با تقسیم هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) بر هدایت الکتریکی یاخته‌های مرده (EC_2) محاسبه شد.

$$EL = (EC_1 / EC_2) \times 100 \quad (4)$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) به روش Chance & Maehly (1955) بر پایه میزان اکسید شدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر برحسب واحد بر گرم وزن تر در

دقیقه به روش طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر UV، مدل 6505، شرکت JENWAY، اتحادیه اروپا) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سلسیوس) اندازه‌گیری شد. محتوای پرولین برگ با روش Bates *et al.* (1973) با استفاده از طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین خالص که به صورت یک معادله رگرسیون است، برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد.

مقدار کلسیم برگ به روش طیف‌سنجی (Atomic absorption spectroscopy، استرالیا) جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه در زمان برداشت میوه در هر واحد آزمایشی شمارش و برحسب درصد برآورد شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج

سطح برگ و طول بوته

بین سطوح آبیاری، پیوند و اثر متقابل پیوند در آبیاری از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). تنش کم‌آبیاری باعث کاهش سطح برگ شد و همچنین در گیاهان پیوندی سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). صفت سطح برگ بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد، تفاوت معنی‌داری داشت، ولی در تنش کم‌آبیاری ۵۰ درصد اگرچه سطح برگ در گیاهان غیر پیوندی بیشتر بود، اما اختلاف معنی‌داری با گیاهان پیوندی نشان نداد. بیشترین سطح تک‌برگ (۱۰۱/۵ سانتی‌متر مربع) در گیاهان پیوندی در تیمار آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به دست آمد (جدول ۳). اعمال تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری طول بوته را کاهش داد و در گیاهان پیوندی طول بوته بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود (جدول ۲). بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در شرایط آبیاری بدون تنش از نظر طول بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی با اعمال تنش کم‌آبیاری، طول بوته در

یاخته ناشی از کاهش فشار آماس (تورژانس) و تقسیم یاخته‌ای، کاهش نورساخت (فتوسنتز) ناشی از بسته شدن روزنه‌ها و تخصیص بیشتر مواد به بخش زیرزمینی باشد (Farooq *et al.*, 2012). بر پایه نتایج گزارش‌های موجود در نتیجه تنش کم‌آبیاری، سطح برگ و طول بوته در بسیاری از گیاهان مانند هندوانه (Kusvuran, 2010) و (Suyum *et al.*, 2012) و خربزه (Kusvuran, 2010) به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

عملکرد و اجزای عملکرد

تیمار آبیاری در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی بر صفات شمار میوه، میانگین وزن میوه و عملکرد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). اعمال تنش کم‌آبیاری شمار میوه در بوته، میانگین وزن میوه و عملکرد را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۲).

گیاهان پیوندی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود (جدول ۳). بیشترین طول بوته (۲۹۶/۴ و ۲۷۵/۳ سانتی‌متر) به ترتیب در گیاهان غیر پیوندی و پیوندی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین طول بوته (۱۳۰/۳ سانتی‌متر) در گیاهان غیر پیوندی در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج بررسی‌های (Salehi 2002) و (Mesgari *et al.* 2016) که گزارش دادند، پیوند تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ و طول بوته داشت، همخوانی دارد. تفاوت در رشد رویشی بین پایه‌های مختلف را می‌توان به تفاوت‌های فیزیولوژیکی خاصی که بین ریشه‌های گیاهان وجود دارد، نسبت داد (Salehi, 2002). به‌طور کلی، با حضور و اعمال تنش کم‌آبیاری، کاهش رشد در همه ابعاد گیاه مشاهده می‌شود. کاهش رشد در مرحله‌های اولیه تنش می‌تواند به علت کاهش توسعه

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر پیوند و آبیاری بر صفات رشدی، عملکرد و کیفیت میوه هندوانه رقم چارلستون‌گری

Table 2. Comparison of the effects of grafting and irrigation on growth, yield and fruit quality of watermelon cv. Charleston Gray

Treatment	Leaf area (cm ²)	Plant length (cm)	Fruit number per plant	Mean fruit weight (kg)	Yield (t.ha ⁻¹)	Water use efficiency (kg. m ⁻³)	TSS (°Brix)	Fruit firmness (kg.cm ⁻¹)
Irrigation rate (ETc)								
100	83.62 ^a	285.9 ^a	1.68 ^a	6.81 ^a	80.3 ^a	34.8 ^a	9.26 ^b	5.21 ^a
70	58.66 ^{ab}	225.6 ^b	1.16 ^b	4.22 ^b	34.3 ^b	21.2 ^b	9.62 ^b	4.32 ^b
50	36.94 ^b	152.7 ^c	1 ^b	3.29 ^c	23.5 ^c	20.4 ^b	10.04 ^a	3.52 ^c
Grafting								
Grafted	47.01 ^b	236.7 ^a	1.38 ^a	4.40 ^a	45.3 ^a	25.6 ^a	10.23 ^a	3.74 ^b
Ungrafted	72.46 ^a	206.1 ^b	1.17 ^a	5.14 ^a	46.8 ^a	25.4 ^a	9.05 ^b	4.96 ^a
Significance								
Irrigation (I)	**	**	**	**	**	**	*	**
Grafting (G)	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**
I × G	**	**	*	*	*	*	*	*

ns, *, **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

در هر ستون میانگین‌های با دست‌کم یک حرف مشترک بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن هستند.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

In each column means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

جدول ۳. اثر متقابل پیوند و آبیاری بر صفات رشدی، عملکرد و کیفیت میوه هندوانه رقم چارلستون‌گری

Table 3. Interaction effects of grafting and irrigation on growth, yield and fruit quality of watermelon cv. Charleston Gray

Treatment	Leaf area (cm ²)	Plant length (cm)	Fruit number per plant	Mean fruit weight (kg)	Yield (t.ha ⁻¹)	Water use efficiency (kg. m ⁻³)	TSS (°Brix)	Fruit firmness (kg.cm ⁻¹)	
Irrigation rate (ETc)									
100	Grafting								
	Grafted	65.78 ^{bc}	275.3 ^{ab}	1.8 ^a	5.66 ^b	73.8 ^a	32.01 ^{ab}	10 ^{ab}	4.2 ^{bc}
	Ungrafted	101.5 ^a	296.4 ^a	1.5 ^{ab}	7.95 ^a	87 ^a	37.75 ^a	8.52 ^d	6.2 ^a
70	Grafted	46.36 ^{cd}	259.7 ^b	1.3 ^{bc}	4.03 ^c	37.1 ^b	23.03 ^{bc}	10.10 ^{ab}	3.7 ^{cd}
	Ungrafted	70.96 ^b	191.5 ^c	1 ^c	4.41 ^{bc}	31.5 ^b	19.53 ^c	9.09 ^{cd}	4.9 ^b
50	Grafted	28.90 ^d	175.06 ^c	1 ^c	3.5 ^c	25.1 ^b	21.82 ^c	10.53 ^a	3.2 ^d
	Ungrafted	44.97 ^{cd}	130.3 ^d	1 ^c	3.06 ^c	21.9 ^b	19.02 ^c	9.55 ^{bc}	3.7 ^{cd}

در هر ستون میانگین‌های با دست‌کم یک حرف مشترک بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن هستند.

In each column means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

مشاهده نشد (جدول ۲). تیمار آبیاری بدون تنش، صفت کارایی مصرف آب را در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در مقایسه با تیمارهای تنش کم آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش داد ولی بین سطوح تنش کم آبیاری ۵۰ و ۷۰ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین کارایی مصرف آب (۳۷/۷۵ و ۳۲/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب) به ترتیب در گیاهان غیرپیوندی و پیوندی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد (جدول ۳). درصد کارایی مصرف آب یکی از شاخص‌های کلیدی بوده که استفاده بهینه از آب برای تولید گیاه را نشان می‌دهد. *Li et al.* (2010) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، کارایی مصرف آب گیاه گوجه‌فرنگی با افزایش تنش کم آبیاری کاهش یافت.

مواد جامد محلول

به‌طور کلی تنش کم آبیاری عملکرد محصولات گیاهی را کاهش می‌دهد، اما در بسیاری از موارد کیفیت آن‌ها را بهبود می‌بخشد. در این بررسی، تیمارهای آبیاری، پیوند و اثر متقابل آبیاری در پیوند تأثیر معنی‌داری بر مواد جامد محلول میوه داشت (جدول ۲). مقدار مواد جامد محلول میوه با افزایش تنش کم آبیاری، افزایش یافت. در شرایط آبیاری بدون تنش و هر دو سطح تنش کم آبیاری ۷۰ و ۵۰ درصد، مقدار مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری در گیاهان پیوندی بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود، ولی تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری به‌صورت جداگانه در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۱۰/۵۳ درصد بریکس) در گیاهان پیوندی در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد و کمترین آن (۸/۵۲ درصد بریکس) در میوه گیاهان غیر پیوندی در شرایط آبیاری شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). *Yetisir et al.* (2003) در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند، مواد جامد محلول هندوانه تا حد زیادی تحت تأثیر پیوند قرار می‌گیرد و به پایه مورد استفاده بستگی دارد. میوه گیاهان پیوندی در این آزمایش‌ها، شیرین‌تر از میوه گیاهان غیر پیوندی بود. بنا به نظر پژوهشگران، تغییر در کیفیت میوه کدویان پیوندی با توجه به گزارش‌های متناقض در منبع‌های علمی به هر دو عامل پایه و پیوندک مربوط می‌شود.

بیشترین شمار میوه در گیاهان پیوندی (۱/۸ عدد) و گیاهان غیر پیوندی (۱/۵ عدد) تحت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میانگین وزن میوه (۷/۹۵ کیلوگرم) در گیاهان غیر پیوندی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد و با اعمال تنش کم آبیاری در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی وزن میوه کاهش یافت. بیشترین عملکرد میوه (۸۷ و ۷۳/۸ تن در هکتار) به ترتیب در گیاهان غیر پیوندی و پیوندی در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد و با اعمال تنش کم آبیاری در همه گیاهان، عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). با توجه به نتایج، تیمار پیوند تأثیر معنی‌داری بر صفات شمار میوه در بوته، میانگین وزن میوه و عملکرد نداشت و بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش کم آبیاری ۷۰ و ۵۰ درصد از نظر این صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بررسی تأثیر پیوند در شرایط مزرعه‌ای و کشت تونلی در هندوانه نشان داد، استفاده از پایه (C/64-18) برای هندوانه رقم Crispy، بین صفات شمار میوه در بوته و عملکرد در کشت تونلی و همچنین در میانگین وزن میوه در کشت فضای آزاد نسبت به گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (*Alan et al.*, 2007). همچنین بررسی پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه‌های Beaufort & Multifort در شرایط کم آبیاری در مدت دو سال (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) نشان داد، شمار میوه، میانگین وزن میوه و عملکرد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفتند، اما اختلاف معنی‌داری بین اثر متقابل پیوند و سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد (*Djidonou et al.*, 2013). نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد، کاهش عملکرد در شرایط تنش کم آبیاری، به دلیل کاهش وزن میوه و شمار میوه در بوته بوده است.

کارایی مصرف آب

تنش کم آبیاری به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف آب را کاهش داد (جدول ۲). تفاوت کارایی مصرف آب در بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی به‌اندازه کافی بزرگ نبوده و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها

مشاهده نشد (جدول ۵). بیشترین مقدار پرولین (۱۱/۹۵ و ۱۱/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) به ترتیب در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۵). ترکیب‌های اسمزی مانند پرولین و قندهای محلول، در شرایط تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و نقش بسیار مهمی را در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی ایفا می‌کنند (Ashraf & Foolad, 2007). نتایج همانندی نیز در گیاهان پیوندی تنباکو (Ruiz *et al.*, 2005)، خربزه (Sivritepe *et al.*, 2003) و خیار (Esmailpour *et al.*, 2006) در شرایط تنش شوری مشاهده شد. یکی از پاسخ‌های مشترک گیاهان به تنش کمبود آب و محیط‌های شور، تجمع پرولین است که به‌عنوان یک محلول سازگار محافظ اسمزی و عامل حفاظتی برای آنزیم‌های سیتوپلاسمی و اندامک‌های یاخته‌ای عمل می‌کند (Aydin *et al.*, 2012). افزون بر این، پرولین به‌عنوان یک منبع نیتروژن، در کاهش آسیب‌ها و ترمیم رشد در شرایط تنش نقش دارد (Wang *et al.*, 2009).

نشت یونی

تأثیر تنش کم‌آبیاری و پیوند بر درصد نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۴). با اعمال تنش کم‌آبیاری، درصد نشت یونی در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی افزایش یافت، ولی در هرکدام از تیمارهای آبیاری بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). بیشترین میزان نشت یونی (۸۴/۴۵ و ۸۳/۴۲ درصد) در شرایط آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب در گیاهان غیر پیوندی و پیوندی به دست آمد و کمترین درصد نشت یونی در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی ثبت شد (جدول ۵). در مدت اعمال تنش شوری روی گیاه گوجه‌فرنگی رقم Elazig روی پایه‌های Hasankeyf & Samsun، بیشترین میزان نشت یونی در برگ و ریشه گیاهان شاهد و خودپیوندی مشاهده شد (Iseri *et al.*, 2015). هنگامی که محتوای آب در اندام‌های گیاه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد، میزان آسیب وارده به غشاء هم افزایش می‌یابد که موجب افزایش تراوایی و نشت یونی از یاخته و مرگ

(Xu *et al.*, 2005). بر پایه گزارش‌ها، افزایش قابل توجهی در مواد جامد محلول هندوانه پیوندی با پایه کدو قلیانی مشاهده شد (Salam *et al.*, 2002).

سفتی گوشت میوه

با اعمال تنش کم‌آبیاری سفتی گوشت میوه کاهش یافت (جدول ۲). تیمار مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر سفتی گوشت میوه در گیاهان هندوانه پیوندی و غیر پیوندی داشت. سفتی گوشت میوه در همه تیمارهای آبیاری در گیاهان غیر پیوندی بیشتر از گیاهان پیوندی بوده است، به طوری که بیشترین سفتی گوشت میوه (۶/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در گیاهان غیر پیوندی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین آن (۳/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در گیاهان پیوندی در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۳). تأثیر پایه بر سفتی میوه سبزی‌ها ممکن است به تنوع ریخت‌شناختی (مورفولوژی)، آماس یاخته‌ای، ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی دیواره‌های یاخته‌ای میوه مرتبط باشد که منجر به افزایش ساخت (سنتز) هورمون‌های درون‌زا و تغییر روابط آب و تغذیه‌ای گیاه پیوندک شود. با توجه به نتایج به دست آمده، گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیر پیوندی غلظت کلسیم کمتری داشتند. عنصر کلسیم نقش مهمی در پایداری و استحکام دیواره و غشای یاخته‌ای دارد و از سوی دیگر، کاهش جذب این عنصر در اثر کم‌آبیاری باعث نرم شدن گوشت میوه می‌شود (Babalar *et al.*, 1998). کلسیم در آوند چوبی در مسیر جریان تعرقی حرکت می‌کند و حرکت این عنصر در گیاه نیز در آوند چوبی رخ می‌دهد (Simon, 197).

محتوای پرولین

محتوای پرولین در نتیجه تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در گیاهان پیوندی بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود (جدول ۴). مقدار پرولین در شرایط آبیاری بدون تنش ۱۰۰ درصد و تنش کم‌آبیاری ۷۰ درصد در گیاهان پیوندی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود ولی در سطح تنش کم‌آبیاری ۵۰ درصد، اختلاف معنی‌داری

کمترین غلظت کلسیم برگ (۸/۰ درصد وزن خشک) و بیشترین پوسیدگی گلگاه (۵/۸۲ درصد) در تیمار آبیاری ۵۰ درصد در گیاهان غیر پیوندی به دست آمد (جدول ۵). با توجه به نتایج، پایه هندوانه ابوجهل در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد نیاز آبی باعث کاهش غلظت کلسیم و افزایش میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه شد ولی با اعمال تنش کم آبیاری بیشتر (۵۰ درصد)، غلظت کلسیم در گیاهان غیر پیوندی در مقایسه با گیاهان پیوندی کمتر بوده و در نتیجه درصد بیشتری از میوه‌های این گیاهان دچار عارضه پوسیدگی گلگاه شدند (جدول ۵)، که بیانگر توانایی جذب کلسیم توسط ریشه هندوانه ابوجهل در شرایط تنش کم آبیاری شدید است. در حقیقت تنش کم آبیاری مقاومت مکانیکی خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش رشد ریشه می‌شود. کاهش در رشد ریشه، موجب کاهش توانایی گیاه برای جذب عنصرهای غذایی می‌شود.

آن می‌شود (Apel & Hirt, 2004). تنش کم آبیاری با القای تنش اکسایشی (اکسیداتیو) و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، سبب پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشاهای یاخته‌ای شده و نفوذپذیری غشاء و نشت یونی را افزایش می‌دهد (Guo et al., 2006).

غلظت کلسیم برگ و پوسیدگی گلگاه

تأثیر تیمارهای آبیاری، پیوند و اثر متقابل آبیاری در پیوند بر غلظت کلسیم برگ و پوسیدگی گلگاه میوه اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). با افزایش تنش کم آبیاری، غلظت کلسیم در بافت برگ گیاهان پیوندی و غیر پیوندی هندوانه کاهش و میزان پوسیدگی گلگاه میوه افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین غلظت کلسیم برگ (۲/۲۷ درصد وزن خشک) و کمترین پوسیدگی گلگاه (۱ درصد) در گیاهان غیر پیوندی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد و

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر آبیاری و پیوند بر صفات فیزیولوژیکی و کیفیت میوه هندوانه رقم چارلستون‌گری

Table 4. Comparison of the effects of irrigation and grafting on fruit quality and physiological traits of watermelon cv. Charleston Gray

Treatment	Calcium (%)	Blossom end rot (%)	Electrolyte leakage (%)	Proline (mg.gFW ⁻¹)	Relative water content (%)	Peroxidase (Units.g ⁻¹ FW.min ⁻¹)
Irrigation rate (ETc)						
100	1.85 ^a	24.6 ^b	74.22 ^b	4.16 ^c	78.5 ^a	0.68 ^c
70	1.51 ^b	27 ^b	78.62 ^{ab}	6.05 ^b	73.1 ^b	0.74 ^b
50	0.94 ^c	71.2 ^a	83.94 ^a	11.53 ^a	67.05 ^c	0.94 ^a
Grafting						
Grafted	1.2 ^b	53.3 ^a	77.96 ^b	7.92 ^a	69.8 ^b	0.85 ^a
Ungrafted	1.67 ^a	28.6 ^b	80.23 ^a	6.57 ^b	75.9 ^a	0.73 ^b
Significance						
Irrigation (I)	**	**	**	**	**	**
Grafting (G)	**	**	*	**	**	**
I × G	*	**	*	**	*	**

ns, * و **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

در هر ستون میانگین‌های با دست‌کم یک حرف مشترک بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن هستند.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

In each column means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

جدول ۵. اثر متقابل پیوند و آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی و کیفیت میوه هندوانه رقم چارلستون‌گری

Table 5. Interaction effects of grafting and irrigation on fruit quality and physiological traits of watermelon cv. Charleston Gray

Treatment	Calcium (%)	Blossom end rot (%)	Electrolyte Leakage (%)	Proline (mg.gFW ⁻¹)	Relative water Content (%)	Peroxidase (Units.g ⁻¹ FW.min ⁻¹)
Irrigation rate(ETc)						
100	Grafted	1.44 ^{bc}	48.33 ^c	73.32 ^d	4.96 ^c	76.6 ^a
	Ungrafted	2.27 ^a	1 ^d	75.12 ^{cd}	3.36 ^d	80.5 ^a
70	Grafted	1.27 ^{cd}	51.6 ^c	76.94 ^{bcd}	6.85 ^b	67.8 ^b
	Ungrafted	1.75 ^b	2.3 ^d	80.30 ^{abc}	5.24 ^c	78.4 ^a
50	Grafted	0.9 ^d	60 ^b	83.42 ^{ab}	11.95 ^a	65.1 ^b
	Ungrafted	0.8 ^e	82.5 ^a	84.45 ^a	11.12 ^a	68.9 ^b

در هر ستون میانگین‌های با دست‌کم یک حرف مشترک بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن هستند.

In each column means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.



شکل ۱. عارضه پوسیدگی گلگاه در میوه هندوانه در شرایط تنش کم آبیاری
Figure 1. The blossom end rot disorder in watermelon fruit under deficit irrigation

فعالیت آنزیم پراکسیداز اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۴). با توجه به نتایج، اعمال تنش کم آبیاری فعالیت آنزیم پراکسیداز را در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی افزایش داد، که در گیاهان پیوندی به طور معنی داری بیشتر از گیاهان غیر پیوندی بود. تغییرپذیری فعالیت آنزیم در گیاهان غیر پیوندی با تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی معنی دار نشد (جدول ۵). بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۰/۹۴ واحد در گرم وزن تر در دقیقه) در گیاهان پیوندی در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آن (۰/۶۱ و ۰/۶۴) در گیاهان غیر پیوندی به ترتیب در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد و تنش کم آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۵). تصور این است که آنزیم پراکسیداز از آنزیم‌های کلیدی پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) در پیشگیری از آسیب یاخته‌ای باشد (Zhu et al., 2008). افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی در برگ گیاهان گوجه‌فرنگی پیوندی نیز گزارش شده است (Rivero et al., 2003). ارزیابی پیوند خیار روی دو پایه کدو (Fig-leaf gourd و Bottle gourd) در شرایط شوری نشان داد، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در گیاهان پیوندشده روی پایه (Fig-leaf gourd) بیشتر از گیاهان خود پیوندی بود (Huang et al., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش بیانگر آن است، کاهش آب مصرفی باعث بروز تنش در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی شد، به طوری که شاخص‌های رشدی، عملکرد و فیزیولوژیکی گیاه تحت تأثیر قرار گرفت و تنش

محتوای نسبی آب برگ

اثر متقابل تیمار پیوند و سطوح مختلف آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی داری داشت (جدول ۴). با افزایش تنش کم آبیاری، محتوای نسبی آب برگ گیاهان پیوندی و غیر پیوندی کاهش یافت (جدول ۵). پیوند تأثیر منفی بر محتوای نسبی آب برگ داشت، به طوری که در همه سطوح آبیاری، محتوای نسبی آب برگ گیاهان پیوندی کمتر از گیاهان غیر پیوندی بود، اگرچه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و تنش کم آبیاری ۵۰ درصد اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۵). بیشترین محتوای نسبی آب برگ در گیاهان غیر پیوندی (۸۰/۵ و ۷۸/۴ درصد) به ترتیب در تیمار آبیاری شاهد و کم آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و گیاهان پیوندی (۷۶/۶ درصد) در تیمار آبیاری شاهد به دست آمد (جدول ۵). در بررسی که با پیوند گوجه‌فرنگی بر پایه تنباکو در رژیم‌های مختلف آبیاری (۱۴۰، ۱۱۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه) انجام شد، محتوای نسبی آب برگ گیاهان غیر پیوندی در تنش ۹۰ درصد نسبت به گیاهان پیوندی بیشتر بود. کاهش محتوای نسبی آب برگ ممکن است با تنش ناشی از پیوند در گیاهان و کاهش حمل و نقل آب در ارتباط باشد. تأثیر منفی پیوند بیشتر در مرحله‌های اولیه، هنگامی که ارتباط‌های آوندی در حال شکل‌گیری‌اند، بیشتر آشکار می‌شود، اما می‌تواند در مرحله‌های بعدی، هنگامی که گیاهان با تقاضای بالای آب و مواد غذایی روبه‌رو می‌شوند، ظاهر شوند (Martinez-Ballesta et al., 2010).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

بین تیمارهای مختلف آبیاری و تیمار پیوند از نظر

آبی باعث کاهش غلظت کلسیم و افزایش میوه‌های دارای پوسیدگی گلگه‌شده، ولی با اعمال تنش کم‌آبیاری بیشتر (۵۰ درصد نیاز آبی)، غلظت کلسیم در گیاهان غیر پیوندی در مقایسه با گیاهان پیوندی کمتر بوده و در نتیجه درصد بیشتری از میوه‌های این گیاهان دچار عارضه پوسیدگی گلگه‌شده شدند. با توجه به این نتایج، هندوانه ابوجهل نمی‌تواند به‌عنوان پایه مناسبی برای هندوانه رقم چارلستون‌گری توصیه شود.

کم‌آبیاری موجب افزایش مواد جامد محلول، محتوای پرولین، نشت یونی و آنزیم پراکسیداز و کاهش طول بوته، سطح برگ، شمار میوه، میانگین وزن میوه، عملکرد، سفتی گوشت میوه و محتوای نسبی آب برگ شد. در بین گیاهان پیوندی و غیر پیوندی از نظر شمار میوه در بوته، میانگین وزن میوه، عملکرد و کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. پایه هندوانه ابوجهل در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد نیاز

REFERENCES

1. Al Thawadi, A. M. & Grace, J. (1986). Water use by the desert cucurbit *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. *Oecologia*, 70, 475-480.
2. Alan, O., Ozdemir, N. & Gunen, Y. (2007). Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *Journal of Agronomy*, 6(2), 362-365.
3. Al-Ghobari, H. M., Mohammad, F. S. & El-Marazky, M. S. A. (2013). Effect of intelligent irrigation on water use efficiency of wheat crop in arid region. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23 (6), 1691-1699.
4. Apel, K. & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biology*, 55, 373-399.
5. Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.
6. Aydin, A., Kant, C. & Turan, M. (2012). Humic acid application alleviates salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7(7), 1073-1086.
7. Babalar, M., Dolati Baneh, A. & Shraftyan, D. (1998). Effect of calcium chloride on the quality of post-harvest storage of two varieties of grape and currant Shahroudi. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 15(1), 31-40. (in Farsi)
8. Barzegar, T., Delshad, M., Majd Abadi, A., Kashi, A. & 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 Farsi)
9. Borgi, Z., Hibar, K. h., Boughalleb, N., Jabari, H. (2009). Evaluation of four local colocynth accessions and four hybrids, used as watermelon Rootstocks, for resistance to fusarium wilt and fusarium crown and root rot. *African Journal of Plant Science and Biotechnology*, Global Science Books.
10. Core, J. (2005). Grafting watermelon on to squash or gourd rootstock makes firmer, healthier fruit. *Agricultural Research*, 53, 8-9.
11. Dabauza, M., Bordas, M., Salvador, A., Roig, L. A. & Moreno, V. (1997). Plant regeneration and agrobacterium-mediated transformation of cotyledon explants of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. *Plant Cell Reports*, 16, 888-892.
12. Dane, F., Liu, J. & Zhang, C. (2006). Phylogeography of the bitter apple, *Citrullus colocynthis*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 327-336.
13. Djidonou, D., Zhao, X., Simonne, E. H., Koch, K. E. & Erickson, J. E. (2013). Yield, water and nitrogen use efficiency in field grown, grafted tomatoes. *Horticulture Science*, 48(4), 485-492.
14. Duke, J. A. (1983). *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. Handbook of Energy Crops. Unpublished.
15. Esmailpour, B., Ghassemi-Golezani, K., Khoei, F. R., Gregoorian, V. & Toorchi, M. (2006). The effect of NaCl priming on cucumber seedling growth under salinity stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4(2), 347-349.
16. FAOSTAT. (2014). <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>.
17. Farooq, M., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2012). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11, 100-105.
18. Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Estan, M. T., Morales, B., Campos, J. F., Egea, M. I., Romojaro, F. & Bolarin, M. C. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125, 211-217.
19. Guo, Z., Ou, W., Lu, S. & Zhong, Q. (2006). Differential response of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. *Plant Physiology Biochemistry*, 44, 828-836.

20. Huang, Y., Bie, Z., He, S., Hua, B., Zhen, A. & Liu, Z. (2010). Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. *Environmental and Experimental Botany*, 69(1), 32-38.
21. Iseri, O. D., Korp, D. A., Sahin, F. I. & Haberal, M. (2015). High salt induced oxidative damage and antioxidant response in tomato grafted on tobacco. *Chilean journal of agricultural research*, 75(2), 192-201.
22. Kunkel, D. B., Braitberg, G., Poisonousplants, I., Haddad, L. M., Shannon. M. W. & Winchester, J. F. (1998). *Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose 3rded*. W.B Saunders Company, Philadelphia, USA, 375-85.
23. Kusvuran, S. (2010). *Relationships between physiological mechanisms of tolerances to drought and salinity in melons*. Ph.D. thesis, Department of Horticulture Institute of Natural and Applied Sciences University of Çukurova, Turkey.
24. Levi, A., Coffey, J., Massey, L., Guner, N., Oren, E., Tadmor, Y. & Ling, K. S. (2016). Resistance to papaya ringspot virus-watermelon strain (PRSV-W) in the desert watermelon *Citrullus colocynthis*. *Horticulture Science*, 51(1), 4-7.
25. Li, X. L., Liu, F. L., Li, G. T., Lin, Q. M. & Jensen, C. R. (2010) Soil microbial response, water and nitrogen use by tomato under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 98(3), 414-418.
26. Liu, H.Y., Zhu, Z. J., Diao, M., Guo, Z. P. (2006). Characteristic of the sugar metabolism inleaves and fruits of grafted watermelon during fruit development. *Plant Physiology Communications*, 42, 835-840.
27. Martinez-Ballesta, M. C., Alcaraz-Lopez, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C. & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock-scion interactions. *ScienceHorticultural*, 127, 112-118.
28. Mesgari, R., Barzegar, T. & Ghahremani, Z. (2016). The Effect of Different Cucurbit Rootstocks on Some Morphological and Physiological Traits of Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus). *Journal of Horticultural Science*, 30 (2), 224-231. (in Farsi)
29. Poudel, S. R. & Lee W. S. (2009). Response of eggplant (*Solanum melongena* L.) as rootstock for tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulture NCHU*, 34(2), 39-52.
30. Ramezan, D., Hassanpour Asil, M., Salehi, R. & Dehghanisanij, H. (2016). Investigation of mineral elements concentration in leaf and root grafted and ungrafted melon (Zard-e-Jalali accession from Inodorus group) under deficit irrigation on drip irrigation system. *Agricultural Crop Management*, 18(2), 415-430. (in Farsi)
31. Rivero, R.M., Ruiz, J.M. & Romero, L. (2003). Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agriculture and Environment*, 1, 70-74.
32. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Colla, G. & Rea, E. (2008a). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *Horticultural Science*, 43, 730-736.
33. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E. & Colla, G. (2008b). Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 49-58.
34. Ruiz, J. M., Blasco, B., Rivero, R. M. & Romero, L. (2005). Nicotine-free and salt tolerant tobacco plants obtained by grafting to salinity-resistant rootstocks of tomato. *Physiology Plant*, 124, 465-475.
35. Salam, M. A., Masum, A. S. M. H., Chowdhury, S. S., Dhar, M., Saddeque, A. & Islam, M. R. (2002). Growth and yield of watermelon as influenced by grafting. *Journal of Biological Sciences*, 2, 298-299.
36. Salehi, R. (2002). The effect of different rootstocks on the yield and vegetative growth greenhouse cucumber. Grand Faculty, University College of Agriculture. *University of Tehran*. (in Farsi)
37. Simon, E. W. (1978). The symptoms of calcium deficiency in plants. *New Phytologist*, 80, 1-15.
38. Sivritepe, N., Sivritepe, H. O. & Eris, A. (2003). The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. *ScienceHorticultural*, 97, 229-237.
39. Suyum, K., Dasgan, H. Y., Sari, N. & Kusvuran, S. (2012). Genotypic variation in the response of watermelon genotypes to salinity and drought stresses. In: *Proceedings of the 15th National Vegetable Symposium*, Konya-Turkey, pp.225-230.
40. Tannin-Spitz, T. S. H., Grossman, S., Dovrat, H. E., Gottlieb & Bergman, M. (2007). Growth inhibitory activity of cucurbitacin glucosides isolated from *Citrullus colocynthis* on human breast cancer cells. *Biochemical Pharmacology*, 73, 56-67.
41. Vaziri, Z. H., Salamat, A., Ansari, M., Meschi, M., Heidari, N. & Dehqany Sanych, H. (2009). *Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants)* (Translation). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (in Farsi)
42. Wang, H., Siopongco, J., Wade, L. J. & Yamauchi, A. (2009). Fractal analysis on root systems of rice plants in response to drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2), 338-344.

43. Xu, C. Q., Li, T. L., Qi, H. Y. & Wang, H. (2005). Effects of grafting on growth and development, yield, and quality of muskmelon. *China Vegetables*, 6, 12-14.
44. Yetisir, H., Sari, N. & Yucel, S. (2003). Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31, 163-169.
45. Zhu, J., Bie, Z. L., Li, Y. N., (2008). Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54, 400-407.