Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 3, Autumn 2022 (567-577)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.318987.1897

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۱ (ص ۵۷۷-۵۶۷)

نشریه پژوهشی:

تاثیر پایه‌های هندوانه ابوجهل و کدوی شینتوزا روی ویژگی‌های فنوتیپی و فیزیولوژیکی هندوانه کریمسون سوئیت (*Citrullus lunatus*) تحت تاثیر شرایط کم آبیاری مزرعه

سحر وکیلی مقدم[۱]، فروزنده سلطانی صالح آبادی[۲*] و رضا صالحی[۲]
۱ و ۲. کارشناس ارشد و استادیار، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/٦/۲۱)

چکیده

کمبود آب یکی از عوامل مهم در محدودیت عملکرد و تولید برخی محصولات در مناطق خشک و نیمه خشکی مثل ایران می‌باشد. گیاهان پیوند شده روی پایه‌های مقاوم می‌توانند در مواجهه با کمبود آب پاسخ مناسب‌تری داشته باشند. به منظور مطالعه پاسخ هندوانه پیوندی "کریمسون سوئیت" روی پایه‌های هندوانه ابوجهل و کدوی شینتوزا، در شرایط کم آبی آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرارانجام شد. رژیم آبیاری به عنوان کرت اصلی در چهار سطح (۱۰۰، ۸۰، ٦۰ و ٤۰ درصد آب قابل دسترس) و پیوند به عنوان کرت فرعی در سه سطح (پیوند هندوانه کریمسون سوئیت روی کدو شینتوزا، روی هندوانه ابوجهل و هندوانه کریمسون سوئیت غیرپیوندی (شاهد) بود. بر اساس نتایج، برخی از صفات مانند سفتی گوشت میوه، مواد جامد محلول، عملکرد کل، طول و تعداد ریشه، میزان ترکیبات فلاونوئیدی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنلی کل، تحت تاثیر تیمار کم آبیاری درگیاهان پیوند شده روی پایه هندوانه ابوجهل نسبت به سایر گیاهان به طور معنی‌داری، افزایش یافت. بر اساس این تحقیق، هندوانه ابوجهل درمقایسه با شینتوزا برای شرایط کم آبیاری با حفظ عملکرد قابل قبول و ویژگی‌های کیفی میوه بعنوان پایه مناسب پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب قابل دسترس، پایه، کم آبی، هندوانه ابوجهل.

Effects of bitter apple and Shintosa rootstocks on phenotypic and physiological properties of *Citrullus lunatus*c cv. Crimson Sweet under water deficit irrigation in field condition

Sahar Vakili Moghaddam[1], Forouzandeh Soltani[2*] and Reza Salehi[2]
1, 2. M. Sc. Graduate and Assistant Professor, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Feb. 12, 2021- Accepted: Sept. 12, 2021)

ABSTRACT

Water shortage is one of important factors limiting yield and production of some crops in arid and semi-arid areas like Iran. Grafting crops on resistance rootstock can respond better to water shortage. In order to this object response of *Citrullus lunatus* cv. Crimson Sweet grafted on bitter apple and Shintosa rootstocks under water deficit conditions were studied. This experiment performed as split plot in randomized complete block design with four irrigation regime, 100, 80, 60 and 40 % of available water as main plot and grafting on bitter apple (*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad) and Shintosa (*Cucurbita maxima* Duch. × *Cucurbita moschata* Duch.) as sub plot with three replications. Based on the results, some traits such as fruit firmness, total soluble solids, total yield, root length, number of roots, flavonoids contents, antioxidant capacity and total phenolic compounds increased significantly in plants grafted on bitter apple rootstock comoare to other plants, under water deficiency. According to results, bitter apple could be suggested as suitable rootstock under low irrigation conditions, maintaining acceptable yield and fruit quality attributes compare to Shintosa.

Keywords: Available water, bitter apple, rootstock, water deficit.

* Corresponding author E-mail: soltanyf@ut.ac.ir

مقدمه

هندوانه با نام علمی *Citrullus lanatus* گیاهی است یک‌ساله، علفی و دارای عادت رشدی رونده که اقتصادی‌ترین محصول خانواده بزرگ کدوئیان است (Dumas *et al*., 2003; Maynard *et al*., 2001). این محصول با ۹۳ درصد آب و تبخیر و تعرق نسبتا بالا، نیاز آبی زیادی دارد (Gichimu *et al*., 2009). این در حالی است که کشور ایران که با میانگین بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد (Alizadeh, 1995) و با تولید ۳/۸ میلیون تن پس از چین و ترکیه سومین کشور تولید کننده هندوانه در جهان است (FAO, 2018). به این ترتیب یافتن راهی برای کاهش مصرف آب، بدون لطمه خوردن به کمیت و کیفیت تولید اهمیت زیادی دارد. روش‌های مختلفی از جمله بهبود عوامل کشت و کار و یافتن ارقام مقاوم به خشکی (Dichio *et al*., 2002)، روش‌های اصلاحی و مهندسی ژنتیک، که طی آن ژن‌های مقاوم به خشکی در توده‌های وحشی شناسایی شده و به هندوانه‌های خوراکی منتقل شوند، زمان‌بر و گران بوده، هم‌چنین امکان انتقال برخی ژن‌های ناخواسته نیز وجود دارد. تکنیک پیوند می‌تواند راه مناسبی در جهت کاهش هزینه و زمان لازم برای تولید هندوانه‌های خوراکی متحمل به تنش خشکی باشد (Colla *et al*., 2010). پایه‌های مختلف برای پیوند هندوانه تاکنون مورد استفاده قرار گرفته که یکی از مهم‌ترین آن‌ها کدوها هستند چرا که با توجه به سیستم ریشه‌ای قوی، این پایه‌ها می‌توانند با کارایی بهتری آب و مواد غذایی را نسبت به ریشه‌های هندوانه جذب کنند اما با وجود این مزایا ممکن است کیفیت میوه‌ی هندوانه کاهش یابد (Lee & Oda, 2002). تغییرات کیفی پایه‌ها روی صفات فیزیولوژیکی و فنوتیپی پیوندک در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (Shahzad noor *et al.* 2019; Martiens-Ballista *et al.*, 2010). از این‌رو، برخی محققان معتقدند که پیوند هندوانه روی پایه‌هایی از جنس هندوانه (*Citrullus* spp.) که مقاوم به تنش خشکی هستند می‌توانند اثر منفی ناشی از پایه کدو را مرتفع کنند (Edelstein *et al*., 2014). هندوانه ابوجهل یا سیب تلخ (*Citrullus colocynthis*) به دلیل سیستم ریشه‌ای عمیق خود از گونه‌های مقاوم به خشکی محسوب می‌شود که به صورت خودرو در صحرای عربستان، آفریقا و مناطق مدیترانه‌ای (Dane *et al*., 2006) و هم‌چنین به صورت خودرو در مناطق خشک و نیمه خشک کشور (Ghahreman, 2000) پراکنش دارد. این گیاه می‌تواند در برابر محیط‌های ناملایم بدون خشک شدن و آسیب دیدن برگ‌ها حتی تحت شرایط تنش شدید مقاومت کند (Nehdi *et al*., 2013). با توجه به نوسان‌های کمتر در میزان تبخیر و تعرق گیاه ابوجهل طی دوره رشد و سطوح مختلف آبیاری و همچنین ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه از جمله برگ‌های کوچک‌تر، روشن‌تر (سبز- نقره ای)، کرک‌دارتر و ریشه‌های عمیق کمک شایانی به مقاومت این گیاه در برابرکم آبی نموده است (Soltani *et al*., 2018). در این تحقیق تاثیر هندوانه ابوجهل به عنوان پایه برای هندوانه خوراکی در کنار پایه تجاری کدو که بیشتر رایج است، تحت سطوح مختلف تنش کم آبیاری بررسی و تغییرات صفات کمی و کیفی بوته‌ها ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه و ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج (عرض جغرافیایی۳۵ درجه، ۷۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی۵۰ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر) در فصل بهار و تابستان انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. کرت اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد آب قابل دسترس و کرت فرعی شامل بوته‌های پیوندی بود. مواد گیاهی شامل پیوند هندوانه کریمسون سوئیت روی پایه کدو شینتوزا، پیوند هندوانه کریمسون سوئیت روی پایه هندوانه ابوجهل و هندوانه کریمسون سوئیت غیرپیوندی بود. بذر هندوانه هیبرید استاندارد از شرکت ناسکو، بذر شینتوزا از شرکت ناناگوو بیو و بذر هندوانه ابوجهل از کرمان تهیه گردید. بذرهای

هندوانه ابوجهل در تاریخ ۲۰ اسفند ۹۵، هندوانه کریمسون سوئیت در تاریخ ۱۵ فروردین و کدو شینتوزا در تاریخ ۲۰ فروردین ۹۶ در شرایط گلخانه در سینی‌های نشا کاشته و عملیات پیوند به روش نیمانیم در تاریخ ۱۲ اردیبهشت انجام شد. کلیه نشاها پس از پایان دوره ۵ روزه مقاوم‌سازی در تاریخ ۳ خرداد ۹۶ جهت کاشت در مزرعه به ایستگاه تحقیقاتی منتقل شدند. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱ متر و فاصله ردیف‌ها ۲ متر بود. جهت انجام تیمار تنش کم آبیاری به تعیین نوع بافت خاک مزرعه، میزان آب قابل دسترس (Available Water)، میزان رطوبت ظرفیت زراعی (FC)، نقطه پژمردگی دائم (PWP) و منحنی رطوبت خاک زمین مورد نظر نیاز بود. به همین منظور، پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک مورد نظر مزرعه، در آزمایشگاه خاک‌شناسی گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران آزمایش‌های مربوطه انجام گرفت. با توجه به مقدار درصد رس، شن و سیلت و با استفاده از مثلث بافت خاک، نوع خاک مورد نظر در محدوه لومی-رسی قرار گرفت که خاک نسبتاً سنگینی است. مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی نیز به طور میانگین ۳۰/۸۶ درصد و نقطه پژمردگی دائم ۱۲ درصد به دست آمد (جدول ۱). پس از محاسبه میزان ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی و مشخص‌شدن میزان آب قابل دسترس از طریق تفاضل عدد رطوبتی این دو نقطه، تیمارها بر اساس ۱۰۰ درصد میزان آب قابل دسترس به عنوان شاهد، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد این دامنه رطوبتی اعمال شدند. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه تغییرات آن در حد فاصل دو آبیاری ($\Delta\Theta$) از دستگاه تتاپروب (Teta probe ساخت شرکت فیلد اسکات آمریکا) استفاده شد. این دستگاه مقدار درصد رطوبت حجمی خاک را اندازه‌گیری می‌کند.

در این تحقیق به منظور اجتناب از وارد آمدن تنش به تیمار شاهد، انجام آبیاری بر اساس معیار میزان تخلیه رطوبتی خاک و رساندن خاک به نقطه‌ی FC صورت پذیرفت.

$I = (FC - \Theta s)\ Drz.$

Θ= رطوبت خاک اندازه‌گیری‌شده؛

Drz= عمق منطقه توسعه ریشه.

صفات مورد اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه از متر و ضخامت پوست میوه از کولیس استفاده شد. نمونه‌برداری برگ‌ها در اوایل شهریور سال ۹۶، همزمان با آخرین برداشت میوه ها، جهت اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل Delta-T ساخت انگلستان انجام شد. عملکرد وزنی میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان مواد جامد محلول (TSS) از دستگاه رفرکتومتر مدل آگاتو و سفتی بافت گوشت میوه از دستگاه پنترومتر استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی به روش فولین-سینگلتون به عنوان معرف و اسیدگالیک به عنوان استاندارد انجام شد. محتوای فنلی به وسیله طیف سنج نوری (اسپکتروفتومتر) با استفاده از روش فولین سیو کالتو در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد (Singleton, 1965). اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی با رادیکال آزاد DPPH صورت گرفت و در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد (Tadolini, 2000). از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها در طول موج ۴۱۵ نانومتر استفاده شد (Chang *et al*., 2004). محتوی ترپنوئیدها با استفاده از کلروفرم و به روش وزنی اندازه گرفته شد (Ghorai *et al*., 2017).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک.

Table 1. Soil physical properties.

Number of samples	Depth of digging (cm)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil texture	Field capacity (%)
1	0-30	35.87	35.41	28.70	Clay loam	32.47
2	0-30	37.17	34.15	28.66	Clay loam	30.31
3	0-30	39.5	32.88	27.35	Clay loam	29.8

داده‌های حاصل از آزمایش‌های این تحقیق بر اساس طرح آماری به کار رفته این آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها و بعضی از محاسبات با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۵ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد و وزن میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) با کاهش میزان آب، تعداد میوه در تمام بوته‌ها کاهش یافت. بیشترین تعداد میوه در پایه شینتوزا در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و برای پایه ابوجهل در سطح ۸۰ درصد آب قابل دسترس مشاهده شد و در کل تعداد میوه در پایه ابوجهل در کلیه سطوح آبیاری غیر از سطح ۱۰۰ درصد به طور قابل توجهی بیشتر از پایه شینتوزا بود (جدول ۳). بهترین شرایط آبیاری برای پایه ابوجهل سطح ۸۰ درصد و برای شینتوزا سطح ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بود و وزن میوه پایه ابوجهل در کلیه سطوح آبیاری غیر از سطح ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری بیشتر از پایه شینتوزا مشاهده شد (جدول۳). با توجه به گزارش Ortega & Kretchman (1982) مبنی بر اینکه در شرایط تنش آبی، رقابت شدیدی در جذب مواد فتوسنتزی در گیاه ایجاد می‌شود و در نهایت این رقابت به نفع میوه‌های از پیش تشکیل شده و بزرگ‌تر پایان می‌یابد و در واقع در شرایط خشکی و کم‌آبی، از تشکیل گل‌ها و میوه‌های جدید جلوگیری می‌شود، می‌تواند دلیلی بر اثبات مقاومت بالاتر پایه ابوجهل نسبت به شینتوزا باشد. با توجه به این که ساختار ریشه در کدوها بیشتر به صورت سطحی است و بطور متوسط حدود ۱/۳۰ سانتی‌متر می باشد، در نتیجه توانایی گسترش عمقی کمتری در مقایسه با هندوانه ابوجهل که تا عمق ۲ متر می‌تواند گسترش یابد، را دارند. پس توانایی جذب آب و مواد غذایی از لایه‌های پایین‌تر خاک در سطوح کم‌آبیاری، کاهش یافته و در نتیجه تعداد و وزن میوه کمتری در این پایه نسبت به هندوانه ابوجهل مشاهده شد (Bertucci *et al*., 2018; Debeer, 1985; Huang *et al*., 2016; Miller *et al.*, 2013).

عملکرد بوته و زودرسی

عملکرد در کلیه گیاهان با کاهش میزان آبیاری کاهش یافت. بیشترین میزان عملکرد در بوته در پایه ابوجهل سطح ۸۰ درصد آب قابل دسترس مشاهده شد که از حداکثر عملکرد پایه شینتوزا بیشتر بود یعنی پایه ابوجهل با میزان آب کمتر، توان تولید محصول بیشتری نسبت به پایه شینتوزا دارد (جدول ۳). میوه های برداشت شده چین اول در هر تیمار به عنوان عملکرد زودرس توزین شدند و نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبیاری، عملکرد زودرسی کاهش یافت. بیشترین عملکرد زودرسی در گیاهان پیوندی مشاهده شد که با گزارش Kyriacou *et al.* (2017) مبنی بر اثر پیوند بر تسریع در گلدهی و در نتیجه رسیدن تجاری میوه انطباق دارد. اولین میوه تولیدشده در سطح ۸۰ درصد در پایه ابوجهل وزن بالاتری داشت و در کلیه سطوح آبیاری غیر از سطح ۱۰۰ درصد، این پایه با اختلاف معنی‌داری از سایر پایه‌ها، میوه‌های سنگین‌تری تولید کرد (جدول۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و پیوند بر صفات کمی و کیفی میوه هندوانه کریمسون سوئیت.

Table 2. Results of variance analysis effect of water deficit irrigation and grafting on quantitative and qualitative traits of watermelon cv. Crimson Sweet.

Source of variation	df	Mean of squares				
		Number of fruit	Fruit weight	Yield per plant	Early yield	Water use efficiency
Replication	2	16.76 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.02 ^{ns}	3.21 ^{ns}
Water deficit irrigation	3	2.52 **	22.24 **	208.52 **	33.59 **	46.66 ^{ns}
Error (a)	6	0.09	0.08	0.62	0.09	11.28
Grafting	2	1.68 **	7.75 **	85.16 **	13.17 **	1369.35 **
Water deficit irrigation × grafting	6	0.87 **	2.68**	53.17 **	6.65 **	336.93 **
Error (b)	16	0.08	0.09	1.89	0.16	15.66
CV (%)	-	17.24	7.13	16.86	14.83	16.23

ns،* و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح ۵ و۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1 percent of probability level, respectively.

کارایی مصرف آب

پایه ابوجهل با تولید ۴۹/۹۳ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب، بیشترین کارایی مصرف آب را داشت و پایه شینتوزا با عملکرد پایین‌تر، کارایی مصرف آب کمتری داشت. همچنین مشاهده شد که به جز سطح ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس در بقیه سطوح پایه شینتوزا کمترین و پایه ابوجهل بهترین کارایی مصرف آب را داشتند (جدول ۳). در هندوانه‌های پیوندی نسبت به غیرپیوندی‌ها میزان کارایی مصرف آب تحت تاثیر تنش، افزایش می‌یابد (Rouphael *et al*., 2008).

مواد جامد محلول

هندوانه‌های پیوند شده روی پایه ابوجهل در کلیه سطوح آبیاری میزان TSS بالایی داشتند و کریمسون سوئیت شاهد در شرایط رطوبتی ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس مشابه پایه ابوجهل عمل کرد در حالی که در کلیه سطوح آبیاری، پایه شینتوزا میزان TSS کمتری داشت (جدول ۶) که با گزارش Liu *et al.* (2006) مبنی بر کاهش میزان مواد جامد محلول در پایه کدو شینتوزا مطابقت دارد. همچنین میزان مواد جامد محلول بر اساس گزارشی از Bigdelo *et al*. (2017) متاثر از پایه بوده و میزان آن در هندوانه‌های پیوندی روی پایه ابوجهل نسبت به شینتوزا و غیرپیوندی بیشترین مقدار بود.

سفتی گوشت میوه

پیوند همچنین بر سفتی گوشت میوه نیز موثر بود به طوری که پایه ابوجهل سبب افزایش میزان سفتی شد در حالی که پایه شینتوزا بی‌تاثیر بود چرا که در کلیه سطوح آبیاری تفاوتی با کریمسون سوئیت شاهد نداشت (جدول ۶) که این نتیجه با گزارش Bigdelo *et al.* (2017) مبنی بر بالا بودن سفتی گوشت در پایه شینتوزا نسبت به پایه ابوجهل و غیرپیوندی مغایرت داشت.

ضخامت پوست میوه

در صفت ضخامت پوست میوه مشاهده شد که پایه‌های مختلف اثر متفاوتی داشتند چرا که میوه‌های پایه ابوجهل در سطوح مختلف آبیاری به جز سطح ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس، پوست ضخیم‌تری داشتند در حالی‌که در سطح ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس، کاهش ضخامت پوست میوه در گیاهان پیوند شده روی پایه شینتوزا مشاهده شد (جدول ۶) که با گزارش Bigdelo *et al.* (2017) مبنی بر قطورتر بودن پوست میوه در پایه شینتوزا مغایرت دارد. به هر روی، با توجه به گزارش Xu *et al.* (2005) ضخامت پوست میوه می‌تواند یک ویژگی برای حمل و نقل و انبارداری باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و پیوند بر صفات مورد مطالعه در هندوانه کریمسون سوئیت پیوندی و غیرپیوندی.

Table 3. Means comparison interaction effect of water deficit irrigation and grafting on studied traits of grafted and non-grafted watermelon cv. Crimson Sweet.

Water deficit irrigation	Grafting	Fruit number	Fruit weight (Kg)	Yield (Kg/m^2)	Early yield (Kg)	Water use efficiency (Kg/m^3)
AW 100%	Crimson Sweet/Shintosa	2.83 a	6.00 b	8.5 a	5.50 b	28.33 bc
	Ungrafted Crimson Sweet	2.16 bc	6.02 b	6.52 b	3.56 d	21.73 cd
	Crimson Sweet/Bitter apple	2.16 bc	5.49 bc	5.9 bc	3.62 d	19.66 de
AW 80%	Crimson Sweet/Shintosa	1.16 de	3.40 e	8.49 a	4.76 c	9.95 f
	Ungrafted Crimson Sweet	1.66 cd	4.26 d	3.55 d	3.58 d	17.77 de
	Crimson Sweet/Bitter apple	2.66 ab	6.87 a	9.15 a	7.53 a	42.93 a
AW 60%	Crimson Sweet/Shintosa	0.66 e	3.76 de	2.75 fg	0.75 f	12.58 ef
	Ungrafted Crimson Sweet	1.83 c	3.39 e	3.05 de	0.62 f	30.51 b
	Crimson Sweet/Bitter apple	1.83 c	5.36 c	4.91 c	1.65 e	40.20 a
AW 40%	Crimson Sweet/Shintosa	0.66 e	1.08 g	0.53 g	0.61 f	5.55 f
	Ungrafted Crimson Sweet	1.16 de	2.48 f	1.45 fg	0.82 f	24.30 b-d
	Crimson Sweet/Bitter apple	1.66 cd	2.80 f	2.33 d-f	2.11 e	38.90 a

ns،* و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1percent of probability level, respectively.

سطح برگ

پایه شینتوزا بیشترین سطح برگ را در میان تمام بوته‌ها در سطح ۸۰ درصد آب قابل دسترس داشت و به طور کل در همه گیاهان مورد بررسی با کاهش میزان آبیاری، کاهش سطح برگ رخ داد (جدول ۶). یکی از پاسخ‌های مهم گیاهان نسبت به تنش خشکی، کاهش سطح برگ است (Begg, 1980). بر این اساس کلیه گیاهان با کاهش سطح برگ تحمل نسبی خود را در برابر شرایط خشکی افزایش دادند. پایه ابوجهل با کاهش میزان آب، سطح برگ خود را کاهش داد در حالی که سطح برگ سایر گیاهان مورد آزمایش در سطوح آبیاری ۸۰ درصد و ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول۶).

طول متوسط ریشه و انشعابات آن

طول ریشه گیاهان مورد آزمایش تحت شرایط کم آبیاری با کاهش میزان آب، کاهش یافت. در این میان پایه ابوجهل عمیق‌ترین ریشه‌ها را در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس داشت و تا سطح ۴۰ درصد آب قابل دسترس، کمترین تغییرات را نشان داد به طوری‌که در سطح ۴۰ درصد نیز عمیق‌ترین ریشه را نسبت به سایرین داشت (جدول ۶). مقاومت گیاهان نسبت به تنش می‌تواند به صورت اجتناب از تنش و تحمل آن طبقه‌بندی شود که گیاه می‌تواند از طریق ایجاد موانع فیزیکی و یا متابولیکی از بروز تنش اجتناب کند مثلا با توسعه بیشتر سیستم ریشه به اعماق پایین‌تر، می‌تواند از ایجاد تنش کمبود آب جلوگیری کند (Powell, 2006). ااختلاف بین تعداد انشعاب ریشه تحت رژیم‌های آبیاری مختلف معنی‌دار شد (جدول ۴) و بیشترین انشعابات شمارش شده در سطح ۸۰ درصد آب قابل دسترس مشاهده شد و بعد از آن سطوح ۴۰ درصد و ۶۰ درصد آب قابل دسترس نیز به ترتیب تعداد انشعابات مناسبی نسبت به سطح شاهد داشتند (جدول ۵). در میان گیاهان مورد بررسی، پایه ابوجهل بیشترین گستردگی ریشه را داشت که نشان دهنده قابلیت بالای این پایه در جذب آب و مواد غذایی بود که با توجه به گزارش Powel (2006) مبنی بر این که گیاهان با توسعه بیشتر سیستم ریشه، از ایجاد تنش کمبود آب جلوگیری می‌کند، مطابقت دارد.

طول و انشعاب ساقه

در مطالعه صفت طول ساقه مشاهده می‌شود که این صفت تحت تاثیر اثرات متقابل تیمارها قرار گرفته و گیاهان پیوندی در شرایط آبیاری ۸۰٪ آب قابل دسترس طول ساقه بیشتری نسبت به گیاهان غیرپیوندی داشتند. اندازه طول ساقه در هندوانه‌های پیوندی و غیرپیوندی در سایر سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند اگرچه از نظر اعداد ثبت‌شده در هندوانه‌های پیوند شده روی پایه هندوانه ابوجهل طول ساقه کمتری نسبت به پایه کدو شینتوزا مشاهده گردید (جدول۶).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و پایه بر صفات ارزیابی‌شده در هندوانه‌های پیوندی و غیرپیوندی.

Table 4. Results of variance analysis effect of water deficit irrigation and grafting on evaluated traits in grafted and non-grafted watermelon.

Source of variation	df	Mean of squares								
		TSS	Fruit firmness	Fruit thickness	Leaf area	Roots No	Stem No	Root length	Stem length	Internode length
Replication	2	0.05^{ns}	0.005^{ns}	0.011^{ns}	421692.59^{ns}	5.50^{ns}	9.63^{ns}	6.56^{ns}	1651.31^{ns}	1.02^{ns}
Water deficit irrigation	3	2.69**	0.235**	0.448**	8519456.28**	10.66*	71.07**	192.60**	23764.29**	10.92**
Error (a)	6	0.20	0.036	0.008	117528.70	7.28	3.51	5.10	3115.79	0.39
Grafting	2	14.66**	0.392**	2.220**	1575752.72*	69.51**	19.76^{ns}	232.05**	6328.25*	0.60^{ns}
Water deficit irrigation× grafting	6	0.75**	0.113*	0.658**	1509770.84**	3.61^{ns}	11.08^{ns}	79.53**	5988.14*	4.18**
Error (b)	16	0.14	0.033	0.006	282473.33	3.09	7.30	4.11	1558.96	0.95
CV (%)	-	4.26	9.337	6.455	19.82	16.03	14.78	5.19	13.49	17.33

ns،* و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح ۵ و۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1percent of probability level, respectively.

ارتفاع کمتر بخش هوایی، در برخی گیاهان سازوکاری مهم در سازش گیاهان با شرایط تنش خشکی است (Sanchez *et al*., 1998)، که بر این اساس می‌توان گفت محدودیت ایجاد شده در طول ساقه و در نتیجه کاهش اندام هوایی در گیاهان این آزمایش بخشی از فرایند تحمل نسبت به خشکی بوده است. انشعابات ساقه بر اثر کاهش میزان آبیاری معنی‌دار شده و بهترین گستردگی اندام هوایی گیاهان در سطح ۸۰ درصد آب قابل دسترس مشاهده شد و در سایر سطوح آبیاری تفاوت زیادی مشاهده نشد (جدول ۵). طول میانگره در کلیه گیاهان در سطح ۶۰ درصد آب قابل دسترس نسبت به سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد آب قابل دسترس با کاهش همراه بود (جدول ۶) که کاهش طول میانگره‌ها و متعاقب آن ارتفاع کمتر بخش هوایی، سازوکاری مهم در سازش گیاهان با شرایط تنش خشکی است (Sanchez *et al*., 1998).

میزان محتوای نسبی آب برگ

میزان محتوای نسبی آب برگ بر اثر اعمال رژیم کم آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به اینکه محتوی نسبی آب برگ بیشتر، باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (Farooq *et al*., 2009)، می‌توان افزایش مشاهده شده در این صفت را دال بر وجود مکانیزم تحمل در گیاهان مورد بررسی این آزمایش دانست.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کم آبیاری بر برخی صفات هندوانه پیوندی و غیرپیوندی.

Table 5. Means comparison effect of water deficit irrigation on some traits of grafted and non-grafted watermelon.

Water deficit irrigation	Relative water content (%)	Stem No	Root No	Internode length (cm)
AW 100%	62.96 b	12.44 b	9.83 b	5.09 a
AW 80%	70.83 a	13.97 a	12.38 a	5.27 a
AW 60%	71.50 a	9.44 b	10.50 b	4.52 b
AW 40%	68.85 a	7.77 b	11.13 ab	3.5 c

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک،تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و پیوند بر برخی صفات هندوانه پیوندی و غیرپیوندی

Table 6. Mean comparison interaction effect water deficit irrigation and grafting on some traits of grafted and non-grafted watermelon.

Water deficit irrigation	Grafting	TSS (°Brix)	Fruit firmness (N/cm^2)	Fruit thickness (cm)	Leaf area (mm^2)	Root length (cm)	Stem length (cm)	Internode length (cm)
AW 100%	Crimson Sweet/Shintosa	7.96c-e	1.84 de	1.65bc	3854.17b	33.00f	295.00bc	5.24b-d
	Ungrafted Crimson Sweet	10.22a	1.69 d-f	1.45d	3462.86b	44.00bc	318.00b	5.33b-d
	Crimson Sweet/Bitter apple	10.27a	2.77 a	1.47d	3010.25b	52.25a	230.50c	6.02b-d
AW 80%	Crimson Sweet/Shintosa	7.75 de	1.91c-e	0.18g	4919.10a	39.16de	418.00a	5.99b-d
	Ungrafted Crimson Sweet	9.90 a	1.60ef	1.15ef	3455.26b	44.50b	294.16bc	5.56b-d
	Crimson Sweet/Bitter apple	10.44a	2.64 a	1.85a	2402.46cd	41.75b-d	391.66a	8.41a
AW 60%	Crimson Sweet/Shintosa	7.34e	1.96cd	0.21g	2167.61c-e	37.33 e	249.83bc	4.94c-e
	Ungrafted Crimson Sweet	8.46 b-d	1.82 de	1.17 e	1679.40 de	38.25 de	267.16bc	4.24de
	Crimson Sweet/Bitter apple	9.88a	2.20bc	1.75ab	2075.22 c-e	40.50 c-e	247.50bc	3.20e
AW 40%	Crimson Sweet/Shintosa	7.85c-e	1.42f	1.14ef	1243.67 e	31.00f	313.50b	7.13ab
	Ungrafted Crimson Sweet	8.48bc	1.47f	1.01f	2108.57 c-e	26.37f	240.96bc	6.41bc
	Crimson Sweet/Bitter apple	8.90b	2.31b	1.55cd	1797.85 de	40.75b-e	244.66bc	5.08cd

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

میزان ترکیبات فنلی

میزان ترکیبات فنلی تنها بر اثر پیوند معنی‌دار شد و مشاهده شد که بیشترین میزان ترکیبات فنلی در گیاهان پیوند شده روی پایه ابوجهل وجود داشت و تفاوت معنی‌داری بین پایه شینتوزا و غیرپیوندی وجود نداشت (جدول ۹) که با گزارش Rouphael *et al.* (2008) مبنی بر تاثیر پیوند بر ترکیبات فنلی مطابقت دارد.

فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی در رژیم آبیاری ۶۰ درصد آب قابل دسترس به طور معنی‌داری بیشترین میزان را داشت (جدول ۹) افزایش مقدار آنتی اکسیدان در گیاه هندوانه (Leskovar *et al*., 1999; Yoosefzadeh Najafabadi *et al*., 2017)، کاهو (Sanchez *et al*., 2017)، گوجه‌فرنگی (Tamborino *et al*., 2017) و ملون‌ها (Krinak *et al*., 2005) بر اثر تنش خشکی گزارش شده است؛ که این افزایش می‌تواند به دلیل مقابله گیاه با تخریب دیواره سلولی باشد (Zushi *et al*., 1998). همچنین برخی از محققان نشان داده‌اند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت شرایط تنش آبی افزایش می‌یابد (Abbas *et al*., 2013; Habibi *et al*., 2004)، که با نتایج حاصل از این آزمایش سازگار است. در گیاهان پیوند شده روی پایه ابوجهل مشاهده شد که میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر گیاهان مورد بررسی در این آزمایش است (جدول ۸). با توجه به اینکه هر چه میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهی بیشتر باشد، توانایی گیاه برای خنثی کردن اثر مخرب رادیکال‌های آزاد در پراکسیده کردن لیپیدها، پروتئین‌ها و حتی اسید-نوکلئیک‌ها و در نهایت تحمل به تنش افزایش می‌یابد (Lin *et al*., 2006)، می‌توان تفاوت موجود میان ظرفیت آنتی اکسیدانی هندوانه پیوندی روی پایه ابوجهل و هندوانه غیر پیوندی را به دلیل تحمل بالاتر پایه ابوجهل دانست.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و پایه بر صفات بیوشیمیایی هندوانه پیوندی و غیرپیوندی

Table 7. Results of variance analysis effect of water deficit irrigation and grafting on biochemical traits in grafted and non-grafted watermelon.

Source of variation	Mean of squares					
	df	RWC	Phenol	Antioxidant capacity	Flavonoid	Terpenoids
Replication	2	6.96 ^{ns}	0.24^{ns}	0.0005ns	0.00000004ns	2.386663ns
Water deficit irrigation	3	135.64 **	0.71^{ns}	0.0029**	0.00002723**	2.6252947*
Error (a)	6	11.57	0.47	0.0001	0.00000850	3.8919346
Grafting	2	64.07 ^{ns}	6.06**	0.0047**	0.00004004**	4.41337ns
Water deficit irrigation × grafting	6	21.14 ^{ns}	0.61^{ns}	0.0005ns	0.00000711ns	3.7933978ns
Error (b)	16	24.48	0.37	0.0002	0.00000278	0.0000005
CV (%)		7.21	12.84	16.80	6.95	8.53

ns،* و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1percent of probability level, respectively.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر پیوند بر برخی صفات هندوانه پیوندی و غیرپیوندی.

Table 8. Means comparison effect of grafting on some traits in grafted and non-grafted watermelon.

.Grafting	Flavonoid (µmol/mgFW)	Antioxidant capacity (µmol/mgFW)	Phenol (µmol/mgFW)	Root No.
Crimson Sweet/Shintosa	0.022 b	0.079 b	4.18 b	10.33 b
Ungrafted Crimson Sweet	0.023 b	0.092 b	4.59 b	8.93 b
Crimson Sweet/Bitter apple	0.029 a	0.118 a	5.57 a	13.62 a

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک،تفاوت معنی داری در سطح۵ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر کم آبیاری بر برخی صفات هندوانه پیوندی و غیرپیوندی.

Table 9. Means comparison effect of water deficit irrigation in grafted and non-grafted watermelon.

Water deficit irrigation	Flavonoid (µmol/mgFW)	Terpenoides (% DW)	Antioxidant capacity (µmol/mg FW)
AW 100%	0.020 c	0.007 b	0.07 b
AW 80%	0.022 b	0.007 b	0.08 b
AW 60%	0.024 a	0.010 a	0.11 a
AW 40%	0.023 b	0.009 a	0.07 b

* در هر ستون میانگین های با حداقل یک حرف مشترک،تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

فلاونوئید کل

بیشترین میزان فلاونوئید کل در سطح آبیاری ۶۰ درصد آب قابل دسترس به طور معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۹). افزایش مقدار فلاونوئیدها در تنش کم آبیاری از ویژگی‌های دفاعی برخی گیاهان در مواجهه با تنش خشکی است. این ترکیبات با مقابله با افزایش میزان ROSها و جلوگیری از نفوذ آن به داخل بافت‌های حساس از خسارت جلوگیری می‌کنند (Sanchez *et al*., 2017; Fredes *et al*., 2016; Yoosefzadeh Najafabadi *et al*., 2018). میزان افزایش فلاونوئیدها بر اثر تنش کم آبیاری در گیاهان گوجه فرنگی و هندوانه گزارش شده است. میزان فلاونوئیدها در گیاهان پیوند شده روی پایه ابوجهل به طور قابل توجهی بیشتر از سایر گیاهان بررسی شده در این آزمایش بود (جدول ۸).

ترپنوئیدها

یکی از تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان در پاسخ به تنش خشکی افزایش میزان ترکیبات ترپنوئیدی می‌باشد تا بتوانند شرایط کم آبی را پشت سر بگذارند. در این تحقیق میزان ترکیبات ترپنوئیدی در شرایط آبیاری ۶۰ و ۴۰ درصد آب قابل دسترس افزایش یافته است و اثرات متقابل پایه و میزان آبیاری معنی‌دار نبود که می‌تواند بدلیل عدم تاثیر ریشه در تولید این ترکیبات و نقش موثر برگ و فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن باشد (جدول ۹). در این رابطه مشاهده شده که در مریم گلی تحت تنش خشکی میزان ترپنوئیدهای کل و بویژه مونوترپن‌ها نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش یافته و باعث تحمل به شرایط کم آبی می‌شوند (Novak *et al*., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش صفات ضخامت پوست، وزن میوه، عملکرد کل، زودرسی و بازارپسند، کارایی مصرف آب، طول میانگره، میزان TSS و سفتی گوشت میوه در گیاهان پیوندی با پایه ابوجهل در مقایسه با کدو شینتوزا افزایش نشان داد که از نظر افزایش ویژگی‌های کیفی ارزشمند می‌باشد. از نظر صفات کمی، تاثیر پیوند در شرایط تنش کم آبی روی صفات طول ریشه و فاصله میانگره و تاثیر نوع پایه روی صفات فیزیولوژیکی از جمله میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل حائز اهمیت بود. وجود مزایای پایه ابوجهل از یک طرف و پراکنش این گیاه در بخش‌های وسیعی از کشور و پیرو آن عدم نیاز به واردات بذر از طرف دیگر می‌تواند گزینه مناسبی به عنوان پایه برای هندوانه خوراکی در نظر گرفته شود، اما پیشنهاد می‌شود مطالعات مناسب در افزایش میزان گیرایی این پایه صورت گیرد.

REFERENCES

1. Abbas, S. R., Ahmad, S. D., Sabir, S. M., Wajid, A., Aiya, B., Abbas, M. R., & Sabir, H. S. (2013). Screening of drough tolerant genotypes of sugarcane through biochemical markers against polyethylene glycol. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 4, 980-988.
2. Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205-207.
3. Begg, J. E. (1980). Morphological adaptations of leaves to water stress. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*, pp. 97-13 Springer.
4. Bertucci, M. B., Suchoff, D. H., Jennings, K. M., Monks, D. W., Gunter, C. C., Schultheis, J. R., & Louws, F. J. (2018). Comparison of root system morphology of cucurbit rootstocks for use in watermelon grafting. *HortTechnology*, *28*(5), 629-636.
5. Bigdelo, M., Hassandokht, M. R., Rouphael, Y., Colla, G., Soltani, F., & Salehi, R. (2017). Evaluation of bitter apple (*'Citrullus colocynthis*' (L.) Schrad) as potential rootstock for watermelon. *Australian Journal of Crop Science*, *11*(6), 727.
6. Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.
7. Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Salerno, A., & Rea, E. (2010). The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68,283-291.

8. Dane, F., Liu, J., & Zhang, C. (2007). Phylogeography of the bitter apple, *Citrullus colocynthis*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *54*, 327-336.
9. De Beer, H. (1985). Silver leaf bitter apple causes concern. *Farming in South Africa, Weeds, A*, *6*, 1-4.
10. Dichio, B., Romano, M., Nuzzu, V. & Xiloyannis, C. (2002). Soil water availability. *Acta Horticulturae*, 586. 419-422.
11. Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., & Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidantcontent of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 369-382.
12. Edelstein, M., Tyutyunik, J., Fallik, E., Meir, A., Tadmor, Y., & Cohen, R. (2014). Horticultural evaluation of exotic watermelon germplasm as potential rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 165, 196-202.
13. Fredes, A., Sales, C., Barreda, M., Valcárcel, M., Roselló, S., & Beltrán, J. (2016). Quantification of prominent volatile compounds responsible for muskmelon and watermelon aroma by purge and trap extraction followed by gas chromatography–mass spectrometry determination. *Food Chemistry*, *190*, 689-700.
14. Ghahreman, A. (1975-2000). *Colored Flora of Iran.* Institute of Forestries and Grasslands. 1-24. (In Farsi).
15. Gichimu, B. M., Owuor, B. O., Mwai, G. N., & Dida, M. M. (2009). Morphological characterization of some wild and cultivated watermelon (*Citrullus* sp.) accessions in Kenya. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*,4,10-18.
16. Habibi, D., Boojar, M. M., Mahmoudi, A., Ardakani, M. R., & Taleghani, D. (2004). Antioxidative enzymes in sunflower subjected to drought stress. In *4th International Crop Science Congress, Australia*. 26 Sept.-1 Oct. , Brisben, Australia, pp 544-548.
17. Huang, Y., Zhao, L., Kong, Q., Cheng, F., Niu, M., Xie, J., & Bie, Z. (2016). Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks. *Horticultural Plant Journal*, *2*(2), 105-113.
18. Jaleel, C. A., Manivannan, P. A. R. A. M. A. S. I. V. A. M., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. A. M. A. M. U. R. T. H. Y., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*,100-105.
19. Kirnak, H., Higgs, D., Kaya, C., & Tas, I. (2005). Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. *Journal of Plant Nutrition*, 28,621-638.
20. Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Colla, G., Zrenner, R., & Schwarz, D. (2017). Vegetable grafting: The implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. *Frontiers in Plant Science*. *8*. 1-23.
21. Leskovar, D. I., Perkins-Veazie, P., & Meiri, A. (1999). Deficit irrigation affects yield and quality of triploid and diploid watermelon. *HortScience*, 34,523-528.
22. Lin, K. H., Chao, P. Y., Yang, C. M., Cheng, W. C., Lo, H. F., & Chang, T. R. (2006). The effects of flooding and drought stresses on the antioxidant constituents in sweet potato leaves. *Botanical Studies*, 47(4), 417-426.
23. Liu, H., Zhu, Z., & Diao, M. (2006). Characteristics of the sugar metabolism in leaves and fruits of grafted watermelon during fruit development. *Plant Physiology Communications*, 42(5), 835.
24. López-Serrano, L., Canet-Sanchis, G., Vuletin Selak, G., Penella, C., San Bautista, A., López-Galarza, S., & Calatayud, Á. (2019). Pepper rootstock and scion physiological responses under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-13.
25. Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 112-118.
26. Maynard, D. N. (2001). *Watermelons: characteristics, production, and marketing*. ASHS Press.
27. Miller, G., Khalilian, A., Adelberg, J. W., Farahani, H. J., Hassell, R. L., & Wells, C. E. (2013). Grafted watermelon root length density and distribution under different soil moisture treatments. *HortScience*, *48*(8), 1021-1026.
28. Nehdi, I. A., Sbihi, H., Tan, C. P., & Al-Resayes, S. I. (2013). Evaluation and characterisation of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad seed oil: Comparison with *Helianthus annuus* (sunflower) seed oil. *Food Chemistry*, 136(2), 348-353.
29. Noor, R. S., Wang, Z., Umair, M., Yaseen, M., Ameen, M., Rehman, S. U., & Sun, Y. (2019). Interactive effects of grafting techniques and scion-rootstocks combinations on vegetative growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Agronomy*, *9*(6), 1-26.
30. Nowak, M., Kleinwaechter, M., Manderscheid, R., Weigel, H. J., & Selmar, D. (2010). Drought stress increases the accumulation of monoterpenes in sage (*Salvia officinalis*), an effect that is compensated by elevated carbon dioxide concentration. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 83(2), 133-136.

31. Oda, J. L. M., & Lee, M. (2003). Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticulture Review*, 28, 61-124.
32. Ortega, D. G., DG, O., & DW, K. (1990). Water stress effects on stored pickling cucumber. *Jouran of Agriculture and Food Chemistry*, 38, 2185-2191.
33. Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., & Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, *43*(3), 730-736.
34. Sánchez, F. J., Manzanares, M., de Andres, E. F., Tenorio, J. L., & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59(3), 225-235.
35. Sánchez-Romera, B., Porcel, R., Ruiz-Lozano, J. M., & Aroca, R. (2018). Arbuscular mycorrhizal symbiosis modifies the effects of a nitric oxide donor (sodium nitroprusside; SNP) and a nitric oxide synthesis inhibitor (Nω-nitro-L-arginine methyl ester; L-NAME) on lettuce plants under well watered and drought conditions. *Symbiosis*, 74(1), 11-20.
36. Shanker, A., & Venkateswarlu, B. (Eds.). (2011). *Abiotic stress in plants: Mechanisms and adaptations*. Rijeka, Croatia.
37. Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
38. Soltani, F., Shajari, M., & Noory, H. (2018). trans piration of some watermelon accessions at drought stress conditions under. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *49*(2), 351-363. (In Farsi).
39. Tadolini, B., Juliano, C., Piu, L., Franconi, F., & Cabrini, L. (2000). Resveratrol inhibition of lipid peroxidation. *Free Radical Research*, 33(1), 105-114.
40. Tamburino, R., Vitale, M., Ruggiero, A., Sassi, M., Sannino, L., Arena, S., & Grillo, S. (2017). Chloroplast proteome response to drought stress and recovery in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *BMC Plant Biology*, 17(1), 1-14.
41. Taofiq, O., Heleno, S. A., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Barros, L., González-Paramás, A. M., & Ferreira, I. C. (2017). The potential of *Ganoderma lucidum* extracts as bioactive ingredients in topical formulations, beyond its nutritional benefits. *Food and Chemical Toxicology*, 108, 139-147.
42. Yoosefzadeh Najafabadi, M., Soltani, F., Noory, H., & Díaz-Pérez, J. C. (2018). Growth, yield and enzyme activity response of watermelon accessions exposed to irrigation water deficit. *International Journal of Vegetable Science*, 24(4), 323-337.
43. Zushi, K., & Matsuzoe, N. (1998). Effect of soil water deficit on vitamin C, sugar, organic acid, amino acid and carotene contents of large-fruited tomatoes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67(6), 927-933.