مقاله پژوهشی

تأثیر کم آبیاری مداوم بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میوه سه توده عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.)

محمدهادی راد[1]*، محمدحسن عصاره[2]، محمدرضا وظیفه‌شناس[3]، عبدالرضا کاوند[4] و مهدی سلطانی[5]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۱۷- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۲)

چکیده:

در این مطالعه تأثیر کم آبیاری مداوم (SDI) بر برخی شاخص‌های کمی و کیفی میوه سه توده عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.)، در شرایط لایسیمتری و در ایستگاه تحقیقات بیابان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، بررسی شد. تیمارهای اعمال شده شامل، آبیاری کامل (شاهد)، ۳۰ درصد و ۶۰ درصد کم آبیاری مداوم (به ترتیب تنش ملایم و شدید) و سه توده فلارگ، گیوک و القور بود. آزمایش در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی به مدت یکسال و در فصل زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که تیمار شاهد با عملکرد میوه (۲۳۹/۳۶ گرم به ازای هر درخت)، تعداد میوه در هر درخت (۲۷۹/۰۶)، متوسط وزن خشک هر میوه (۰/۸۹ گرم)، قطر و طول میوه (به‌ترتیب ۱۵/۱۹ و ۱۶/۱۷میلی‌متر)، قندهای محلول (۲۵۱۸۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۴۲/۶۱ درصد) بیشتری نسبت به سایر تیمارها، دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) بود. بیشترین میزان فنل کل (۳۶/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار ۶۰ درصد کم آبیاری بود. کمترین وزن متوسط میوه (۰/۶۴۱ گرم) و بیشترین میزان فنل کل (۳۲/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به توده القو بود که با سایر توده‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. رفتار توده‌های مختلف در مواجه با تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. توصیه می‌شود با توجه به تأثیر معنی‌دار محتوای نسبی آب خاک بر شاخص‌های کمی و کیفی میوه هر سه توده عناب مورد آزمایش، برنامه آبیاری بگونه‌ای طراحی و دنبال شود که تا حد ممکن نیاز آبی گیاه تأمین و از بروز تنش خشکی، جلوگیری شود.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، عملکرد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، قندهای محلول

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۲- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۴- کارشناس پژوهش موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۵- کارشناس پژوهش بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

* پست الکترونیک: mohammadhadirad@gmail.com

مقدمه

عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه کاشت شده در جهان بوده که از نظر اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی از مهمترین گونه خانواده بزرگ *Rhamnaceae* می‌باشد. تاریخچه استفاده و کاشت آنرا می‌توان به عصر نوسنگی یعنی ۷۰۰۰ سال پیش مربوط دانست. چین به عنوان بزرگترین تولیدکننده عناب با سطح زیر کشت ۲ میلیون هکتار و تولید سالانه بیش از ۸ میلیون تن شناخته شده است (لی‌یو[1] و همکاران، ۲۰۲۰). مرکز بین‌المللی محصولات نامتعارف در ساوث همپتون[2] انگلستان از این گیاه به عنوان یک درخت میوه با ظرفیت رو به رشد یاد و بر توسعه کاشت آن تأکید کرده است (فائو، ۲۰۱۳)، به همین دلیل در سال‌های اخیر تولید جهانی عناب افزایش چشم‌گیری داشته است. بر اساس آمارنامه سال ۱۳۹۸ وزارت جهاد کشاورزی، تولید سالانه عناب در ایران ۷۱۶۸ تن میوه خشک بوده که از سطحی معادل ۳۱۴۶ هکتار برداشت می‌گردد. سطح زیر کشت عناب غیربارور نیز ۱۰۱۸ هکتار گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

در ایران از عناب به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم یاد می‌شود که در طب سنتی ایرانی در درمان بسیاری از بیماری‌ها کاربرد دارد. جوشانده میوه خشک عناب به‌عنوان نرم‌کننده عضلات بکار رفته و در درمان سینه درد، سوزش‌گلو، گرفتگی صدا و کمر درد مفید است (حسین‌آوا، ۱۳۸۱). میوه عناب به‌عنوان ضداسترس، ضدقارچ، ضدباکتری و ضدالتهاب، آرام‌بخش و ضدعفونی کننده، کاربرد فراوانی دارد (ژیانگ[3] و همکاران، ۲۰۰۷؛ ماهاجان و چوپدا[4]، ۲۰۰۹).

عناب را به عنوان یکی از درختان میوه مقاوم به خشکی معرفی کرده‌اند (کلادو-گونزالس[5] و همکاران، ۲۰۱۳). تولید ریشه‌های افقی و عمودی گسترده (لیو و همکاران، ۲۰۰۷)، استفاده از دو سازوکار تنظیم روزنه‌ای و تنظیم اسمزی فعال (کولادو-گنزالس و همکاران، ۲۰۱۳)، تطابق اسمزی و حفظ محتوای نسبی آب برگ‌ها برای بهبود شرایط فتوسنتزی (کروز[6] و همکاران، ۲۰۱۲)، کاهش سطح برگ یا ریزش برگ، کم کردن زاویه محور انشعاب و تولید خار یا کرک (ریچاردسون[7] و همکاران، ۲۰۰۰) را از دلایل مقاومت درختان عناب به خشکی دانسته‌اند. با این شرایط کلیفرد[8] و همکاران (۱۹۹۸) تأکید کرده‌اند که درختان عناب از طریق اتلاف آب از برگ‌ها و کاهش محتوای نسبی آب برگ، امکان مقابله با خشکی را ندارد. آنها توصیه کرده‌اند که برای رشدی مطلوب و عملکردی مناسب، آبیاری درختان باید با مدیریت صحیح دنبال شود.

اطلاعات زیادی از تأثیر وضعیت آب گیاه بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه و بویژه متابولیت‌های ثانویه در دسترس نیست، آنچه که مشاهده می‌شود نیز در بسیاری از موارد در تناقض است. تأثیر تنش خشکی بر متابولیت‌هایی چون پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها که بیشترین تأثیر را بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه دارند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (گیرونا[9] و همکاران، ۲۰۰۵؛ کلادو-گنزالس و همکاران، ۲۰۱۳؛ راد و همکاران، ۱۳۹۴).

کویی[10] و همکاران (۲۰۰۸) نقش کم آبیاری تنظیم شده[11] (RDI) را در بهبود خواص کمی و کیفی میوه عناب مورد توجه قرار داده و اعمال آن در مراحلی از رشد گیاه، بویژه در مرحله رسیدن میوه که موجب بهبود خواص کیفی آن می‌شود، توصیه کرده‌اند. بسیاری از شاخص‌های کمی و کیفی میوه در گونه‌های مختلف، به ویژگی‌های ژنتیکی و شرایط اقلیمی محل استقرار آنها بویژه در مرحله رسیدن میوه بستگی دارد، با این وجود عملیات به باغی و از جمله مدیریت آبیاری برای تأمین نیازهای رطوبتی، بسیار با اهمیت است.

نظر به افزایش روزافزون سطح زیر کشت و تولید عناب، ضمن عنایت به پتانسیل‌های ژنتیکی و شرایط اقلیمی در تولید محصول با کیفیت، ضروری است نیازهای اکوفیزیولوژیکی گیاه را مورد توجه قرار داد. هدف از اجرای این پژوهش آگاهی باغداران از تاثیر تنش خشکی مداوم[12] (SDI) و روند تغییر عملکرد کمی و کیفی میوه، برای برنامه‌ریزی آبیاری بود. باتوجه به‌تنوع گسترده توده‌های مختلف و ضرورت انتخاب توده برتر درتحمل شرایط خشکی

1. Liu
2. Southampton
3. Jiang
4. Mahajan and Chopda
5. Collado-Gonzalez
6. Crus
7. Richardson
8. Clifford
9. Girona
10. Cui
11. Regulated Deficit Irrigation (RDI)
12. Sustained Deficit Irrigation (SDI)

خاک، پاسخ سه توده مهم به تنش خشکی برای انتخاب توده برتر نیز از اهداف دیگر این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش و مواد گیاهی

تأثیر کم آبیاری مداوم بر برخی شاخص‌های کمی و کیفی میوه عناب از طریق آزمایش لایسیمتری و در شرایط طبیعی، در اقلیم خشک مورد بررسی قرار گرفت. برای این امر از ۱۸ عدد لایسیمتر وزنی زهکش‌دار سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، استفاده گردید. لایسیمترها دارای حجمی معادل ۱/۹۵ مترمکعب (ارتفاع ۱۷۰ سانتی‌متر و قطر ۱۲۱ سانتی‌متر) و سطح ۱/۱۵ مترمربع بوده که از جنس آهن گالوانیزه ساخته شده و بدنه آنها نیز بوسیله فوم و پشم شیشه برای کاهش تبادلات حرارتی پوشانده شد (شکل ۱).

از تعداد ۳۰ اصله نهال دو ساله که بصورت پاجوش از باغ‌های واقع در روستای القور، فلارگ و گیوک از توابع شهرستان بیرجند در خراسان جنوبی تهیه گردید، تعداد ۱۸ نهال (برای هر توده ۶ اصله) انتخاب و در اسفندماه ۱۳۹۴ در لایسیمترها کاشت گردید. پس از استقرار کامل، درختان بارده به مدت یکسال و در طول سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ تحت تأثیر سه رژیم کم آبیاری مداوم (SDI) شامل بدون تنش (شاهد)، ۳۰ درصد (تنش ملایم) و۶۰ درصد (تنش شدید) در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با دو تکرار، قرار گرفتند. محدود بودن تعداد لایسیمتر، شرایط کاملاً یکسان لایسیمترها و نوع آزمایش، انتخاب دو تکرار را توجیه می‌نماید.

اندازه‌گیری تبخیر تعرق(ET)

میزان تبخیر تعرق هر یک از تیمارهای آبیاری از طریق رابطه ذیل محاسبه گردید (زو[1] و همکاران، ۱۹۹۸). پس از محاسبه تبخیر تعرق هر یک از لایسیمترها، نسبت به تعمیم آن به واحد سطح (هکتار) بر حسب میلی‌متر اقدام گردید.

$$ETc = (I + P + W1) - (D - W2)$$

که در آن ETc= تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، I= آب آبیاری (میلی‌متر)، p= ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)، D= آب خروجی از زهکش (میلی‌متر)، W_1 و W_2 به ترتیب میزان آب ذخیره شده در خاک قبل و بعد از آبیاری در طول دوره‌ای ثابت که بر اساس روابط ذیل بدست می‌آید:

$$W1 = \sum_{i=1}^{n} \theta 1i\ Zi \qquad , \qquad W2 = \sum_{i=1}^{n} \theta 2i\ Zi$$

که در آن Θ_{1i} و Θ_{2i} محتوای آب خاک (درصد حجمی) در لایه‌های مختلف به ترتیب قبل و بعد از دوره اندازه‌گیری، Zi عمق خاک در هر لایه، n تعداد لایه‌های مورد آزمایش.

کنترل رطوبت خاک از طریق اندازه‌گیری رطوبت در اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متری و با استفاده از تی– دی- آر[2] مدل ترایم[3] انجام شد. عمق آب آبیاری از طریق میانگین رطوبت موجود در اعماق مختلف خاک و کسر از وضعیت رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، محاسبه و برای تیمارهای مختلف لحاظ گردید (شکل ۱).

شاخص‌های مورد ارزیابی

وزن میوه

پس از برداشت میوه‌های کاملاً رسیده و خشک شده از روی درختان، نسبت به شمارش و توزین آنها اقدام و ضمن اندازه‌گیری وزن متوسط میوه، عملکرد هر درخت نیز محاسبه شد.

شکل ۱- نمای یکی از لایسیمترهای مورد استفاده در اعمال تیمارهای کم آبیاری در عناب. استفاده از تی- دی- آر برای اندازه‌گیری رطوبت خاک را نیز نشان می‌دهد.

1. Xu
2. Time Domain Reflectometry (TDR)
3. TRIM

قطر، طول، نسبت طول به قطر و حجم میوه

با اندازه‌گیری قطر میوه در دو جهت و گرفتن میانگین از آن و همچنین طول هر یک از میوه‌ها بوسیله کولیس دیجیتال، متوسط قطر و طول میوه برای هر درخت محاسبه گردید.

وزن هسته و نسبت هسته به گوشت میوه

پس از برداشت میوه‌ها و خشک کردن کامل آنها در شرایط آزمایشگاه، نسبت به جداکردن هسته‌ها از گوشت اقدام، سپس توزین و نسبت آنها در برابر بخش گوشتی میوه محاسبه شد.

آنتوسیانین کل

آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH بین دو سیستم بافری اندازه‌گیری شد (گوستی و رولستاد[1]، ۲۰۰۳). در این روش پس از آماده‌سازی عصاره آب میوه و رقیق نمودن آن (۱:۱۰)، در دو بافر با اسیدیته ۱ و ۴/۵، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل جن‌وی اندازه‌گیری شد. آنتوسیانین کل براساس سیانیدین ۳-گلوکوزاید به عنوان آنتوسیانین غالب با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

$$\text{آنتوسیانین کل } \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{A * MW * DF * 100}{MA}$$

$$A = (A510 - A700)pH1.0 - (A510 - A700)pH4.5$$

MW، DF و MA به ترتیب وزن مولکولی آنتوسیانین غالب، فاکتور رقت و ضریب جذب مولی سیانیدین-۳- گلوکوزاید

محتوای فنل کل

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیکالته اندازه-گیری شد (سینگلتون و روسی[2]، ۱۹۶۵). ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره میوه رقیق شده (۱:۱۰۰) با ۱/۵ میلی‌لیتر معرف فولین‌سیکالته رقیق شده (۱:۱۰)، ترکیب گردید. پس از پنج دقیقه ۱/۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد (Na_2Co_3) به آن اضافه شد و پس از ۱/۵ ساعت در دمای آزمایشگاه و در شرایط تاریکی، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل جن‌وی در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد و از طریق مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک که براساس غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام رسم گردید، محتوای فنل کل براساس گرم اسید گالیک بر کیلوگرم گوشت میوه گزارش گردید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه به روش دی پی پی اچ[3] و بر اساس روش ارائه شده توسط شیمادا[4] و همکاران (۱۹۹۲) اندازه‌گیری شد. از عصاره متانولی به میزان ۰/۲ میلی‌لیتر استفاده گردید. از هر یک از نمونه‌ها ۵۰۰ میکرولیتر برداشته و با ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط و به مدت ۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ گردید. سپس ۷۵ میکرولیتر از فاز رویی به همراه ۲۹۲۵ میکرولیتر محلول دی پی پی اچ (۰/۰۰۲۴ گرم دی پی پی اچ با متانول ۸۵ درصد به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد) ورتکس شد. در نهایت جذب نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل جن وی قرائت شد. همزمان با این عمل، جذب نمونه شاهد نیز (که به جای عصاره از ۰/۲ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد استفاده گردید) اندازه‌گیری شد. از رابطه زیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها محاسبه شد.

$$\text{فعالیت آنتی اکسیدانی } (\%) = \left[\frac{Ac - As}{Ac}\right] * 100$$

A_C و A_S به ترتیب جذب شاهد و جذب نمونه می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال‌سازی داده‌ها توسط نرم افزار SPSS و تجزیه آماری داده‌ها و همچنین مقایسه میانگین‌ها بوسیله نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد ($P<0.05$) انجام شد. در بررسی اثر متقابل داده‌هایی که با تجزیه واریانس، اختلاف معنی-داری آنها به اثبات رسید، از روش برش‌دهی اثر متقابل استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبه تبخیر تعرق سالانه هر یک از رژیم-های کم آبیاری در جدول ۱ آمده است. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر رژیم‌های کم آبیاری بر شاخص‌های عملکردی و فیزیکی میوه از قبیل تعداد میوه، وزن کل میوه، وزن متوسط میوه، درصد گوشت میوه، درصد هسته و قطر میوه و همچنین طول میوه نشان داد که بین سطوح مختلف کم آبیاری، اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد

1. Giusti and Wrolstad
2. Singleton and Rossi
3. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
4. Shimada

جدول ۱- تبخیر تعرق سالانه (میلی‌متر) در تیمارهای مختلف کم آبیاری

شاهد	۳۰ درصد کم آبیاری	۶۰ درصد کم آبیاری
۸۲۸/۰۶	۵۱۴/۰۴	۳۸۶/۰۴

($P<0.001$) و نسبت طول به قطر میوه در سطح آماری ۵ درصد ($P<0.05$) وجود داشت (جدول ۲). شاخص‌های ذکر شده به جز وزن متوسط میوه که در سطح آماری ۵ درصد ($P<0.05$) دارای اختلاف معنی‌داری بود، مابقی شاخص-های عملکردی و فیزیکی مورد اندازه‌گیری تحت تأثیر توده قرار نگرفته و اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و توده هیچ تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های عملکردی و فیزیکی میوه نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌هایی چون تعداد میوه، وزن کل میوه، وزن

جدول ۲- آنالیز واریانس سطوح مختلف رژیم آبیاری، توده و اثر متقابل آنها بر عملکرد و شاخص‌های فیزیکی میوه عناب

		میانگین مربعات (MS)							
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	تعداد میوه	وزن متوسط میوه	درصد گوشت	درصد هسته	قطر میوه	طول میوه	طول/ قطر
رژیم آبیاری	۲	۵۱۸۱۴/۲**	۳۲۴۶۳/۳**	۰/۲۴**	۳۹/۵۱**	۳۹/۵۱**	۲۰/۳۲**	۹/۱۲**	۰/۰۲*
توده	۲	۴۳۱/۵ns	۶۱۳/۰ns	۰/۱۰ *	۱/۳۹ ns	۱/۳۹ns	۱/۱۸ ns	۱/۳۵ ns	۰/۰۱ns
رژیم آبیاری×توده	۴	۱۹۵۳/۴ns	۱۲۲۳۹/۱ns	۰/۰۱ns	۴/۵۵ ns	۴/۵۵ns	۱/۲۸ ns	۰/۹۵ ns	۰/۰۱ns
خطا	۹	۱۴۴۵/۶	۳۶۲۸/۷	۰/۰۱	۱/۶۸	۱/۶۸	۰/۴۳	۰/۹۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۷/۷۴	۳۰/۵۸	۶/۷۱	۱/۳۹	۸/۳۹	۵/۳۳	۶/۵۶	۵/۳۸

**: معنی‌داری در سطح آماری یک درصد *: معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

متوسط میوه، درصد گوشت میوه، قطر میوه و طول میوه نشان داد که با کاهش دسترسی گیاهان مورد آزمایش به آب، مقادیر هر یک کاهش یافت، بگونه‌ای که بالاترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. با افزایش سطح تنش خشکی و یا کم آبیاری مقادیر مربوط به درصد هسته و نسبت طول به قطر میوه افزایش یافت، بگونه‌ای که بیشترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری ۶۰ درصد کم آبیاری بود، هر چند در هر دو مورد، اختلاف معنی‌داری را با تیمار ۳۰ درصد کم آبیاری نشان نداد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر توده‌های مختلف بر وزن متوسط میوه نشان داد که بیشترین وزن میوه مربوط به توده گیوک با ۰/۷۳۲ گرم بود که با توده فلارک (۰/۷۲۲گرم) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. کمترین مقدار وزن میوه مربوط به توده القو با ۰/۶۴۱ گرم بود که با دو توده دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳).

تغییرات کمی و کیفی میوه، ناشی از تنش خشکی در بسیاری از درختان میوه گزارش شده است. اثر منفی تنش خشکی بر اندازه میوه در گلابی (لوپز[1] و همکاران، ۲۰۱۱)، سیب (پلاسوکا[2] و همکاران، ۲۰۰۱) و انار (راد و همکاران، ۱۳۹۴) و در نتیجه کاهش عملکرد نیز گزارش شده است. پلاسوکا و همکاران (۲۰۰۱) به این نکته اشاره دارند که تنش ناشی از کمبود آب در خاک می‌تواند ضمن کاهش اندازه میوه سیب، موجب کاهش عملکرد شود، هرچند ممکن است باعث سفتی میوه و بهبود شرایط انبارداری شود.

دز-سانتز[3] و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشته‌اند که با اعمال تنش ملایم خشکی در طول فصل رشد انگور، ضمن بهبود کیفیت میوه از طریق افزایش میزان آنتوسیانین، فنل کل و گلوکز، کاهشی در میزان عملکرد محصول مشاهده نکردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد و تمامی شاخص‌های عملکردی درختان عناب، تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، هر چند اختلاف معنی‌داری بین رژیم‌های کم‌آبیاری ۳۰ و ۶۰ درصد مشاهده نگردید. این موضوع نشان داد که با کاهش دسترسی درختان عناب به آب، حتی در تنش‌های ملایم نیز عملکرد کاهش یافت. کاهش معنی‌دار نسبت گوشت به هسته در اثر افزایش سطح

1. Lopez
2. Mpelasoka
3. Santes-Dos

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف رژیم آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های فیزیکی میوه عناب

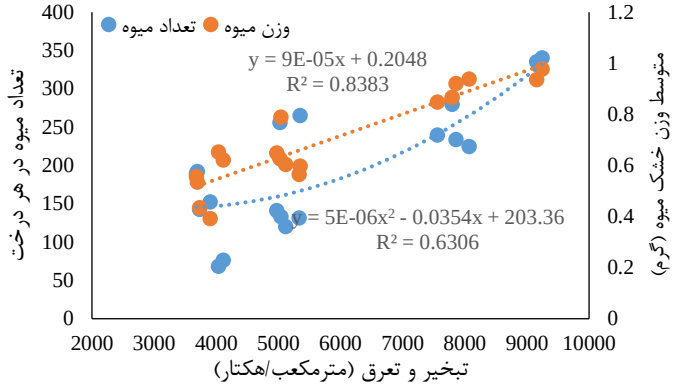
رژیم آبیاری	شاخص							
	عملکرد (گرم/درخت)	تعداد	وزن متوسط (گرم)	درصد گوشت	درصد هسته	قطر (میلی‌متر)	طول (میلی‌متر)	نسبت طول به قطر
شاهد	۲۳۹/۳۶^{a}	۲۷۹/۰۶^{a}	۰/۸۹^{a}	۸۷/۳۴^{a}	۱۲/۶۵^{b}	۱۵/۱۹^{a}	۱۶/۱۷^{a}	۱/۰۶^{b}
٪۳۰ SDI	۱۱۳/۸۴^{b}	۱۷۴/۶۹^{b}	۰/۶۹^{b}	۸۳/۰۷^{b}	۱۶/۹۳^{a}	۱۲/۱۲^{b}	۱۴/۲۳^{b}	۱/۱۴^{a}
٪۶۰ SDI	۵۷/۹۰^{c}	۱۳۷/۰۸^{b}	۰/۴۹^{c}	۸۲/۷۴^{b}	۱۷/۲۵^{a}	۱۱/۹۰^{b}	۱۳/۸۸^{b}	۱/۱۷^{a}

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد ($P<0.05$) می‌باشد

تنش خشکی، ضمن تأثیر در کاهش عملکرد، منجر به کاهش کیفیت میوه‌ها نیز شد. بخشی از کاهش عملکرد، ناشی از کاهش تعداد میوه بود که به دلیل ریزش گل‌ها و میوه‌های تازه تشکیل شده در اثر تنش خشکی بود. ریزش گل و میوه‌های تازه تشکیل شده و میوه‌های جوان که تحت عنوان پیری زودرس میوه، نام گرفته است، ناشی از تنش خشکی در عناب بوسیله زانگ[1] و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. آنها اشاره داشته‌اند که ریزش جوانه‌ها و حتی عدم گرده افشانی در اثر اختلال در این امر، نیز از پیامدهای تنش خشکی در این گیاه است. گزارش‌ها حکایت از کنترل رشد رویشی در درختان میوه و متعادل ساختن آن با بهبود کیفیت معنی‌دار میوه از طریق کم آبیاری کنترل شده دارد (لیو[2] و همکاران، ۲۰۱۶؛ فنگ[3] و همکاران، ۲۰۱۷). فنگ و همکاران (۲۰۱۷) بر این موضوع تأکید کرده‌اند که تنش خشکی بویژه در مرحله سوم از دوره رشد گیاه (مرحله رشد میوه) به دلیل دخالت مستقیم در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های میوه، می‌تواند موجب کاهش عملکرد در عناب شود. با این شرایط در صورت اعمال کم آبیاری باید به دوره‌های رشد گیاه توجه و در دوره‌هایی دست به این اقدام زد که تأثیری بر ریزش جوانه‌ها، ریزش گل‌ها، گرده افشانی، ریزش میوه‌های جوان و در نهایت افزایش اندازه میوه‌ها نداشته باشد. به دلیل پیوستگی کم آبیاری در این پژوهش، تمام مراحل رشد و نمو درختان، تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت که این امر موجب کاهش شدید عملکرد گردید. میلیشوا[4] و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تنش خشکی را از طریق اعمال تیمارهای کم آبیاری بر روی میوه انار گزارش کرده‌اند. آنها بیان داشته‌اند که اندازه میوه و همچنین تجمع مواد شیمیایی در میوه به میزان و زمان تنش خشکی بستگی دارد. تنش شدید خشکی بویژه در زمان رشد سریع میوه می‌تواند، کاهش عملکرد از طریق کاهش اندازه میوه را به دنبال داشته باشد.

علی‌رغم کاهش محسوس تعداد میوه و نقش موثر آن در کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی، متوسط وزن میوه بیشتر تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفت. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که وزن میوه با میزان تبخیر و تعرق یک رابطه مستقیم و از ضریب همبستگی بالاتری برخوردار بود (R^2= 0.84)، در حالیکه تعداد میوه، کمتر تحت تأثیر میزان تبخیر و تعرق قرار گرفت و به طبع آن دارای ضریب همبستگی پایین‌تری (R^2=0.63) بود (شکل ۲). با این شرایط می‌توان بیان داشت که تنش خشکی تأثیر بیشتری بر وزن میوه نسبت به تعداد میوه دارد. لذا بخش عمده‌ای از کاهش عملکرد در اثر اعمال تنش خشکی، می‌تواند ناشی از کاهش وزن میوه‌ها در اثر اختلال در تقسیم سلولی و انتقال متابولیت‌ها به میوه‌ها باشد. افزایش نسبت هسته به گوشت نیز عامل موثر دیگری در کاهش کیفیت و عملکرد میوه بود. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه عناب نشان داد که در بیشتر موارد از جمله فنل کل، آنتوسیانین، قندهای محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بین سطوح مختلف رژیم-های آبیاری اختلاف معنی‌داری ($P<0.001$) وجود داشت (جدول ۴). تأثیر سطوح مختلف رژیم‌های آبیاری بر میزان فلاونوئید کل میوه‌ها معنی‌دار نبود. بین توده‌های مختلف مورد آزمایش، تنها فنل کل از اختلاف معنی‌داری ($P<0.001$) برخوردار بود (جدول ۴). اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و توده‌های مختلف عناب تنها در شاخص قندهای محلول معنی‌دار ($P<0.05$) بود (جدول ۴).

1. Zhang
2. Liu
3. Feng
4.Mellishoa



شکل ۲- همبستگی متوسط وزن میوه و تعداد میوه با میزان تبخیر و تعرق در درختان عناب

جدول ۴- آنالیز واریانس سطوح مختلف رژیم آبیاری، توده و اثر متقابل آنها بر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه عناب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		فنل کل	آنتوسیانین کل	فلاونوئید کل	قندهای محلول	فعالیت آنتی اکسیدانی
رژیم آبیاری	۲	۶۵۴/۱۸**	۰/۰۲۵**	۰/۲۲۵ns	۴۴۱۲۶۵۴۶۰۷۳/۰**	۶۲۲/۴۵**
توده	۲	۸۲/۸۴**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳۲ ns	۲۲۹۶۷۷۲۵۱۶/۰ ns	۱۳/۰۵ns
رژیم آبیاری×توده	۴	۱۳/۴۰ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۴۴ns	۳۷۹۰۵۴۶۰۳۷/۰ *	۸/۳۵ns
خطا	۹	۴۰/۹۹	۰/۰۰۲	۰/۰۶۸	۷۴۸۶۰۱۱۴۵/۰	۵/۴۵
کل	۱۷					
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۳۰	۱۵/۴۰	۱۰/۷۵	۱۷/۷۲	۷/۵۶

**: معنی‌داری در سطح آماری یک درصد *: معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص تأثیر سطوح مختلف رژیم‌های آبیاری نشان داد که رژیم کم‌آبیاری ۳۰ درصد به عنوان تنش ملایم خشکی موجب بهبود شاخص‌هایی چون فنل، آنتوسیانین و فلاونوئید کل گردید، هر چند با تیمار ۶۰ درصد کم‌آبیاری به‌عنوان تنش شدید خشکی، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. رژیم آبیاری ذکر شده، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در میزان فلاونوئید کل نیز نشان نداد. با افزایش سطح تنش خشکی، میزان قند محلول میوه‌ها به‌شدت کاهش یافت، بگونه‌ای که بیشترین و کمترین مقدار اندازه‌گیری شده به‌ترتیب با ۲۵۱۸۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک میوه برای تیمار شاهد و ۹۰۸۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک میوه برای تیمار ۶۰ درصد کم‌آبیاری بود (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر توده‌های مختلف بر میزان فنل کل میوه نشان داد که میوه توده القو از میزان فنل کل بیشتری برخوردار بود، بگونه‌ای که با دو توده دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. میوه توده گیوک نیز نسبت به توده فلارک از برتری معنی‌داری برخوردار بود (شکل ۳).

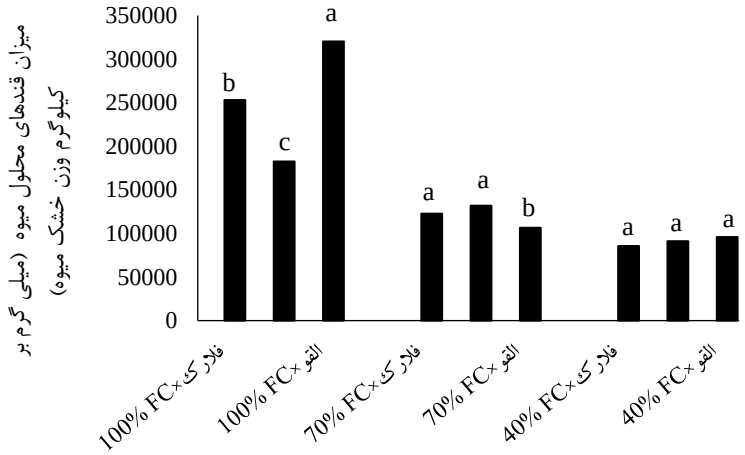
گرچه گزارش‌های متعددی مبنی بر بهبود کیفیت میوه در اثر افزایش قند و متابولیت‌های ثانویه در اثر کم آبیاری

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف رژیم آبیاری بر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه عناب

رژیم آبیاری	شاخص				
	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	آنتوسیانین کل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	قندهای محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)
شاهد	۱۷/۱۶b	۰/۲۲۲b	۲/۲۴a	۲۵۱۸۹۹/۰a	۴۲/۶۱a
٪۳۰ SDI	۳۳/۹۲a	۰/۳۳۴a	۲/۶۳a	۱۲۰۳۳۶/۰b	۲۵/۹۳b
٪۶۰ SDI	۳۶/۳۲a	۰/۳۳۱a	۲/۴۴a	۹۰۸۲۱/۰b	۲۴/۱۳b

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد ($P<0.05$) می‌باشد

شکل ۳- محتوای فنل کل میوه در توده‌های مورد آزمایش. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد ($P<0.05$) می‌باشند.



شکل ۴- اثر متقابل سطوح کم آبیاری و توده‌های مختلف عناب مورد آزمایش بر میزان قند محلول میوه. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد ($P<0.05$) می‌باشند.

مدیریت شده در تعداد زیادی از درختان میوه وجود دارد، با این حال تنش خشکی مداوم می‌تواند، کاهش کیفیت میوه از طریق جلوگیری از تولید ترکیب‌های موثر در بهبود کیفیت میوه را به همراه داشته باشد. گالیندو[1] و همکاران (۲۰۱۶) به این نکته اشاره داشته‌اند که کم آبیاری در مرحله بلوغ یا رسیدن میوه در بسیاری از درختان میوه تأثیری بر کاهش وزن، حجم و کیفیت میوه ندارد، ضمن اینکه از این طریق در مصرف آب نیز صرفه‌جویی خواهد شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که برخی از شاخص‌های کیفی مورد اندازه‌گیری میوه عناب، شامل میزان قند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در اثر اعمال تنش خشکی، کاهش و شاخص‌هایی چون فنل کل و آنتوسیانین کل افزایش یافت. اگرچه با اعمال تنش خشکی فنل کل و آنتوسیانین کل افزایش یافت. با این وجود بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه تأثیری نداشته‌اند که ممکن است به دلیل تغییر جزئی مقادیر آنها بوده است. به نظر می‌رسد، یکی از عوامل اصلی بهبود کیفیت میوه عناب، قندهای محلول می‌باشند که در این پژوهش در اثر اعمال کم آبیاری، کاهش یافته‌اند. همراه با کاهش میزان قندهای محلول میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه نیز کاهش یافت. اگرچه ممکن است قندهای محلول بطور مستقیم بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی تأثیری نداشته باشند با این وجود افزایش آنها در سلول، سرعت فرایند تجزیه مواد بافت‌های آب از دست داده را کاهش می‌دهد (کافی و همکاران، ۱۳۹۲). به نظر می‌رسد با توجه به کاهش

1. Galindo

سطح فتوسنتز در اثر اعمال کم آبیاری مداوم (راد و همکاران، ۱۳۹۸) و در نتیجه کاهش میزان قندهای انتقال یافته به میوه، روند تولید و حتی تخریب مواد آنتی اکسیدانی، بویژه مواد آنتی‌اکسیدانی آنزیمی افزایش یافته و تجمع آنها در میوه‌ها، دچار اختلال گردیده است. در کنار موضوع تأمین آب کافی برای تبخیر و تعرق مطلوب، سن درخت و تغذیه مناسب (قسمتی و همکاران، ۱۳۹۷) و همچنین نوع رقم (وانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۰) نیز نقش اساسی در بهبود کیفیت میوه عناب دارند. مطلوبترین نتیجه از افزایش مقادیر آنتوسیانین و فنل کل به ترتیب مربوط به تیمار تنش ملایم (۳۰ درصد کم آبیاری) و تنش شدید (۶۰ درصد کم آبیاری) بود، هر چند شاخص‌های کیفی ذکر شده، تأثیر معنی‌داری بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه، نداشتند. این موضوع نشان داد، متابولیت‌هایی که موجب بهبودکیفیت میوه عناب می‌شوند، ضمن اینکه رفتارهای متفاوتی را در مواجه با تنش خشکی از خود نشان می‌دهند، در این آزمایش مورد سنجش قرار نگرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به ترکیب‌های آنزیمی اشاره داشت. وجدیلو[2] و همکاران (۲۰۱۶) مهمترین ترکیب‌های موجود در میوه عناب که بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن تأثیرگذار هستند را ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک (به‌عنوان موثرترین ترکیب آنتی‌اکسیدانی) گزارش کرده‌اند. تغییرات کیفی میوه در مرحله بلوغ یا رسیدن میوه، ناشی از کم آبیاری در عناب گزارش شده است (گالیندو و همکاران، ۲۰۱۶). آنها اشاره داشته‌اند که بر خلاف بسیاری از درختان میوه که کم آبیاری در مرحله رسیدن میوه تأثیری بر کیفیت میوه نداشته و حتی ممکن است موجب بهبود کیفیت میوه شود، در درختان عناب موجب کاهش کیفیت میوه می‌شود. با این وجود گیو[3] و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه عناب با افزایش میزان فلاونوئید کل در شرایط سخت، افزایش می‌یابد. علی‌رغم مطلوب بودن شرایط رطوبتی در تیمار شاهد، افزایش نیافتن ترکیب‌هایی چون آنتوسیانین، فنل و فلاونوئید در خور توجه است. در هر حال نتایج این پژوهش و گالیندو و همکاران (۲۰۱۶)، دلالت بر این موضوع دارد که تنش خشکی در عناب می‌تواند ضمن کاهش عملکرد و تغییر در ویژگی‌های فیزیکی میوه، تغییرات معنی‌داری را در میزان قندهای محلول و ترکیب‌های موثر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه به همراه داشته باشد که باید از آن پرهیز نمود. لازم به ذکر است، میانگین بسیاری از شاخص‌های کیفی میوه که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته و ممکن است منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شود (حتی در شرایط رطوبت کافی خاک)، با آنچه قسمتی و همکاران (۱۳۹۷) در خصوص درختان تحت تیمار تغذیه در باغ‌های بیرجند ارائه کرده‌اند، کمتر بود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج کسب شده از این پژوهش، می‌توان بیان داشت که گرچه عناب را به عنوان گونه‌ای مقاوم به خشکی معرفی کرده‌اند، با این وجود تنش مداوم در طول فصل رشد، می‌تواند خسارت جبران ناپذیری را به عملکرد و شاخص‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میوه که در این آزمایش مورد توجه قرار گرفت، به همراه داشته باشد. تفاوت قابل توجه‌ای بین توده‌های مورد آزمایش مشاهده نگردید و این موضوع بیانگر رفتار یکسان این توده‌ها در مقابل تنش خشکی است. علی‌رغم تأثیر معنی‌دار سطوح کم آبیاری مداوم بر شاخص‌های مورد ارزیابی میوه در تمام توده‌ها با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و همچنین بهبود کیفیت میوه، می‌توان با استناد به برخی منابع، کم آبیاری مدیریت شده را بویژه در مرحله رسیدن میوه، مورد توجه قرار داد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸، جلد سوم: محصولات باغی، ۱۶۳ ص. https://www.maj.ir/Index.aspx?page

حسین‌آوا، س. ۱۳۸۱. عناب، نشریه ترویجی، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۱۹ ص.

1. Wang
2. Wojdylo
3. Guo

راد، م.ه.، اصغری، م.ر. و عصاره، م.ح. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه انار (*Punica granatum* L.) رقم رباب نیریز در شرایط اقلیمی خشک. به‌زراعی نهال و بذر، ۳۱(۱): ۷۵-۹۰.

راد، م.ه.، عصاره، م.ح.، وظیفه‌شناس، م.ر. و سلطانی، م. ۱۳۹۸. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی تعیین نیاز آبی و بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سه توده مهم عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) تحت تأثیر تنش خشکی در شرایط لایسیمتری. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۲۲ ص.

قسمتی، م.، مرادی‌نژاد، ف. و خیاط، م. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی برگی برخی نمک‌های کلسیم بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه عناب رقم چینی (*Ziziphus jujuba* Mill.). فصلنامه تولیدات گیاهی، ۴۱(۳): ۲۵-۳۶.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۹۲. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ ص.

Clifford, S.C., Arndt, S.K., Corlett, J.E., Joshi, S., Sankhla, N. and Jones, H.G. 1998. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Z. mauritiana*. Journal of Experimental Botany, 49(323): 967-977.

Collado-Gonzalez, J., Cruz, Z.N., Rodriguez, P., Galindo, A., Díaz-Banos, F.G., Garcia de la Torre, J., Ferreres, F., Medina, S., Torrecillas, A. and Gil-Izquierdo, A. 2013. Effect of water deficit and domestic storage on the procyanidin profile, size, and aggregation process in pear-jujube (*Z. jujuba*) fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(26): 6187-6197.

Cruz, Z.N., Rodríguez, P., Galindo, A., Torrecillas, E., Ondoño, S., Mellisho, C.D. and Torrecillas, A. 2012. Leaf mechanisms for drought resistance in *Zizyphus jujuba* trees. Plant Science, 197: 77-83.

Cui, N., Du, T., Kang, S., Li, F., Zhang, J., Wang, M. and Li, Z. 2008. Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees. Agricultural Water Management, 95(4): 489-497.

Dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., De Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. and Chaves, M.M. 2007. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. Scientia Horticulturae, 112(3): 321-330.

FAO (2013) Jujube from http://www.fao.org/docrep/007/ae017e/ae017-12.htm

Feng, Y., Cui, N., Du, T., Gong, D., Hu, X. and Zhao, L. 2017. Response of sap flux and evapotranspiration to deficit irrigation of greenhouse pear-jujube trees in semi-arid northwest China. Agricultural Water Management, 194: 1-12.

Galindo, A., Cruz, Z.N., Rodríguez, P., Collado-González, J., Corell, M., Memmi, H., Moreno, F., Moriana, A., Torrecillas, A. and Perez-Lopez, D. 2016. Jujube fruit water relations at fruit maturation in response to water deficits. Agricultural Water Management, 164: 110-117.

Gao, Q.H., Wu, P.T., Liu, J.R., Wu, C.S., Parry, J.W. and Wang, M. 2011. Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China. Scientia Horticulturae, 130(1): 67-72.

Girona, J., Gelly, M., Mata, M., Arbonès, A. and Rufat, J. 2005. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. Agricultural Water Management, 72(2): 97–108.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. Biochemical Engineering Journal, 14(3): 217-225.

Jiang, J.G., Huang, X.J., Chen, J. and Lin, Q.S., 2007. Comparison of the sedative and hypnotic effects of flavonoids, saponins, and polysaccharides extracted from Semen *Ziziphus jujube*. Natural Product Research, 21(4): 310-320.

Liu, X., Li, F., Zhang, Y. and Yang, Q. 2016. Effects of deficit irrigation on yield and nutritional quality of Arabica coffee (*Coffea arabica*) under different N rates in dry and hot region of southwest China. Agricultural Water Management, 172: 1-8.

Liu, X.S., Liu, X.G. and Ren, X.L. 2007. Study on drought resistance of the root for *Ziziphus* var. spinosa Hu. Journal of Agricultural University of Hebei, 30(6): 33-37.

Lopez, G., Larrigaudière, C., Girona, J., Behboudian, M.H. and Marsal, J. 2011. Fruit thinning in 'conference' pear grown under deficit irrigation: implications for fruit quality at harvest and after cold storage. Scientia Horticulturae, 129(1): 64-70.

Mahajan, R.T. and Chopda, M.Z. 2009. Phyto-pharmacology of *Ziziphus jujuba* Mill. A plant review. Pharmacognosy Reviews, 3(6): 320-329.

Mellishoa, C.D., Egea, I., Galindo, A., Rodríguez, P., Rodríguez, J., Conejero, W., Romojaro, F. and Torrecillas, A. 2012. Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management, 114: 30-36.

Mpelasoka, B.S., Behboudian, M.H. and Mills, T.M. 2001. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of 'Braeburn' apple. Scientia Horticulturae, 90(3-4): 279-290.

Richardson, J.E., Fay, F., Cronk, Q.C.B., Bowman, D. and Chase, M.W. 2000. A phylogenetic analysis of Rhamnaceae using rbcL and trnL-F plastid DNA sequence. American Journal of Botany, 87(9): 1309-1324.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40(6): 945-948.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

Wang, B., Liu, L., Huang, Q. and Luo, Y. 2020. Quantitative assessment of phenolic acids, flavonoids and antioxidant activities of sixteen jujube cultivars from China. Plant Foods for Human Nutrition, 75(2): 154-160.

Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á.A., Legua, P. and Hernández, F. 2016. Phenolic composition, ascorbic acid content, and antioxidant capacity of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits. Food Chemistry, 201: 307-314.

Xu, X., Zhang, R., Xue, X. and Zhao, M. 1998. Determination of evapotranspiration in the desert area using lysimeters. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29(1-2): 1-13.

Zhang, P., Wang, Y.K., Zhan, J.W., Wang, X. and Wu, P. 2010. Scheduling irrigation for jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.). African Journal of Biotechnology, 9(35): 5694-5703.