نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۸۶۰-۸۴۷

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 847-860

مقاله علمی-پژوهشی

# ارزیابی سطوح مختلف آبیاری بر تبخیر تعرق، ضریب گیاهی و عملکرد عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) در شرایط لایسیمتر

محمدهادی راد[1*]- محمدحسن عصاره[2]- محمدرضا وظیفه شناس[3]- عبدالرضا کاوند[4]- مهدی سلطانی گردفرامرزی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵

## چکیده

ارزیابی دقیق از میزان تبخیر تعرق (ET) برای اختصاص مقدار مناسب آب و بهبود کارایی مصرف آب برای گیاهانی که با اهداف مختلف کاشت می‌شوند، بسیار با اهمیت است. در این راستا، میزان تبخیر تعرق، ضریب گیاهی (Kc)، عملکرد و کارایی مصرف آب در درختان چهار ساله عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) از طریق آزمایش لایسیمتری در شرایط اقلیمی یزد در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ تعیین گردید. آزمایش با استفاده از ۱۸ لایسیمتر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۳۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری (به ترتیب ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و در ۶ تکرار انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که تبخیر تعرق، عملکرد و کارایی مصرف آب در درختان چهار ساله، تحت تأثیر میزان رطوبت خاک بوده، بگونه‌ای که تیمارهای مختلف رطوبتی از اختلاف معنی‌داری برخوردار بودند. میزان تبخیر تعرق سالانه عناب در شرایط اقلیمی یزد در تیمارهای شاهد، ۳۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری به ترتیب، ۸۲۸/۱، ۵۱۴/۱ و ۳۸۶/۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان تبخیر تعرق در هر سه تیمار مربوط به دوره توسعه رشد گیاه از اواخر فروردین تا اوایل تیرماه بود. عملکرد و کارایی مصرف آب، تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار گرفت و کاهش یافت. در مجموع می‌توان بیان داشت که هر چند عناب را به عنوان یک گونه دارویی درختی مقاوم به خشکی معرفی کرده‌اند، با این وجود تنش آبی بویژه در دوره توسعه رشد که مصادف با گلدهی، تشکیل و رشد اولیه میوه است، به شدت بر عملکرد و کارایی مصرف آب تأثیر منفی دارد. توصیه می‌شود برای تعیین نیاز آبی درختان عناب، از ضریب گیاهی (Kc) سالانه ۰/۴۵ که از اعمال تیمار شاهد حاصل گردید، استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** کارایی مصرف آب، کم آبیاری، میوه، نیاز آبی

## مقدمه

اگرچه در ایران از عناب به عنوان گیاه دارویی یاد می‌شود و نسبت به سایر درختان میوه از اهمیت کمتری برخوردار است، لیکن در سال‌های اخیر به دلیل توجه بیشتر به جایگاه آن در طب سنتی ایرانی و به دنبال آن مصرف بیشتر، مورد توجه خاص قرار گرفته است. معرفی آن به عنوان یک گونه دارویی کم آبخواه نیز عامل دیگری در توسعه کاشت این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور است. نتیجه این امر، هدف‌گذاری برای توسعه کشت این گیاه در بیشتر برنامه‌های تدوین شده برای توسعه کاشت گیاهان دارویی در کشور است. هاجر و همکاران (۱)، درخت عناب را به عنوان گیاه دارویی ارزشمند و مقاوم به شرایط مختلف آب و هوایی معرفی و بیان داشته‌اند که به دلیل سازگاری بالا، در بسیاری از مناطق ایران گسترش دارد. زرگری (۲) عناب را به عنوان یکی از گیاهان بومی فلات مرکزی ایران (نواحی مدیترانه و آسیای معتدله) معرفی و اشاره داشته است که به طور عمده در استان‌های خراسان، گلستان، مازندران، فارس، اصفهان، یزد، همدان، قزوین، و قم وجود دارد و در سواحل دریای خزر، دامنه نیل کوه در مینودشت، کردستان، سردشت، لرستان، بختیاری و الموت به حالت خودرو دیده می‌شود. بیشترین پراکنش این

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
(*- نویسنده مسئول: Email: mohammadhadirad@gmail.com)
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

DOI: 10.22067/jsw.v34i4.86329

گیاه در شمال شرق و نواحی مرکزی ایران ا ست (۳). در طب سنتی ایرانی در درمان بسیاری از بیماری‌ها کاربرد دارد (۳). عناب در پزشکی سنتی چینی و کره‌ای نیز استفاده گسترده‌ای دارد (۴).

آمار دقیق از میزان تولید جهانی عناب در دسترس نیست، با این وجود FAO، کشور چین را به عنوان بزرگترین تولید کننده عناب با تولید سالانه ۴۵۰۰۰۰ تن و سطح زیر کشت ۱/۵ میلیون هکتار معرفی و بیان داشته است که سالانه ۴۷۰۰ تن میوه خشک عناب از آن کشور به سایر نقاط دنیا صادر می شود (۵). میزان تولید آن در ایران ۳۱۰۰ تن از ۲۲۵۰ هکتار باغ که عمدتاً مربوط به استان خراسان جنوبی می‌باشد، گزارش شده است (۶).

وجدیلو[1] و همکاران (۷) به این موضوع اشاره نموده‌اند که، علی رغم اینکه عناب به عنوان یک میوه بسیار ارز شمند و ارزان قیمت در دسترس است، با این وجود در بسیاری از کشورهای عضو اتحادیه اروپا شناخته شده نیست و مردم از ویژگی‌های دارویی و خواص آنتی اکسیدانی آن اطلاعی ندارند. آنها تاکید نموده‌اند که ضمن اجرای برنامه‌های فرهنگی و معرفی مزیت‌های گسترده آن، باید برای بهبود کیفیت و افزایش بهره‌وری، نسبت به اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد، مدیریت آبیاری و تغذیه و بهبود شرایط ر سیدن میوه و عملیات بعد از برداشت، اقدام موثر نمود.

از مزیت‌های دیگر عناب نسبت به سایر درختان میوه، میزان تحمل به شوری آن است، داده‌های مربوط به دوره رشد رویشی گیاه، شرایط فیزیکی گیاه، در دسترس بودن مواد غذایی در خاک و همچنین آزمایش‌های برگ، نشان داده است که کلیه گونه‌های جنس عناب را می‌توان در شرایط آب و خاک نسبتاً شور نیز کاشت نمود، لیکن شوری بیش از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، موجب کاهش سبزینگی و رشد گیاه خواهد شد (۸). تحقیقات مدونی در خصوص نیاز واقعی درختان عناب به آب و همچنین تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در داخل کشور انجام نشده است، لیکن در منابع مختلف، توجه به نیاز آبی و آبیاری منظم برای بهبود کمی و کیفی میوه عناب مورد تاکید قرار گرفته است (۹، ۱۰ و ۱۱). با توجه به اهمیت عناب در چین، تحقیقات گسترده‌ای در خصوص نیاز آبی، راه‌کارهای گیاه در صرفه‌جویی مصرف آب، تأثیر تنش خشکی بر رفتارهای مورفوفیزیولوژیکی گیاه، تأثیر پراکنش مناسب آب در خاک بر کمیت و کیفیت رشد و نمو گیاه، الگوهای پراکنش ریشه و تأثیر آن بر میزان مصرف آب (۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴) انجام شده است. در تمامی موارد، تاکید شده است که سازوکارهای مصرف آب در عناب با شرایط اقلیمی، نوع ژنوتیپ، روش‌های آبیاری و نوع مدیریت آن، کاملاً متفاوت بوده و ضرورت دارد تا با هدف بهبود کمی و کیفی میوه عناب، شرایط رطوبتی خاک متعادل و گیاه بدور از تنش فعالیت نماید، هر چند کم آبیاری در عناب موضوع جدی است که باید با توجه به حفظ کیفیت میوه و در راستای صرفه‌جویی در مصرف آب مورد توجه قرار گیرد.

در این پژوهش، نیاز واقعی گیاه به آب، تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری بر میزان تبخیر تعرق، عملکرد و کارایی مصرف آب در درختان عناب، تحت تأثیر اقلیم خشک مورد توجه قرار گرفت. تنش رطوبتی از طریق کم آبیاری در تمامی مراحل رشد گیاه اعمال گردید.

## مواد و روش‌ها

### مکان، شرایط اقلیمی و وضعیت خاک

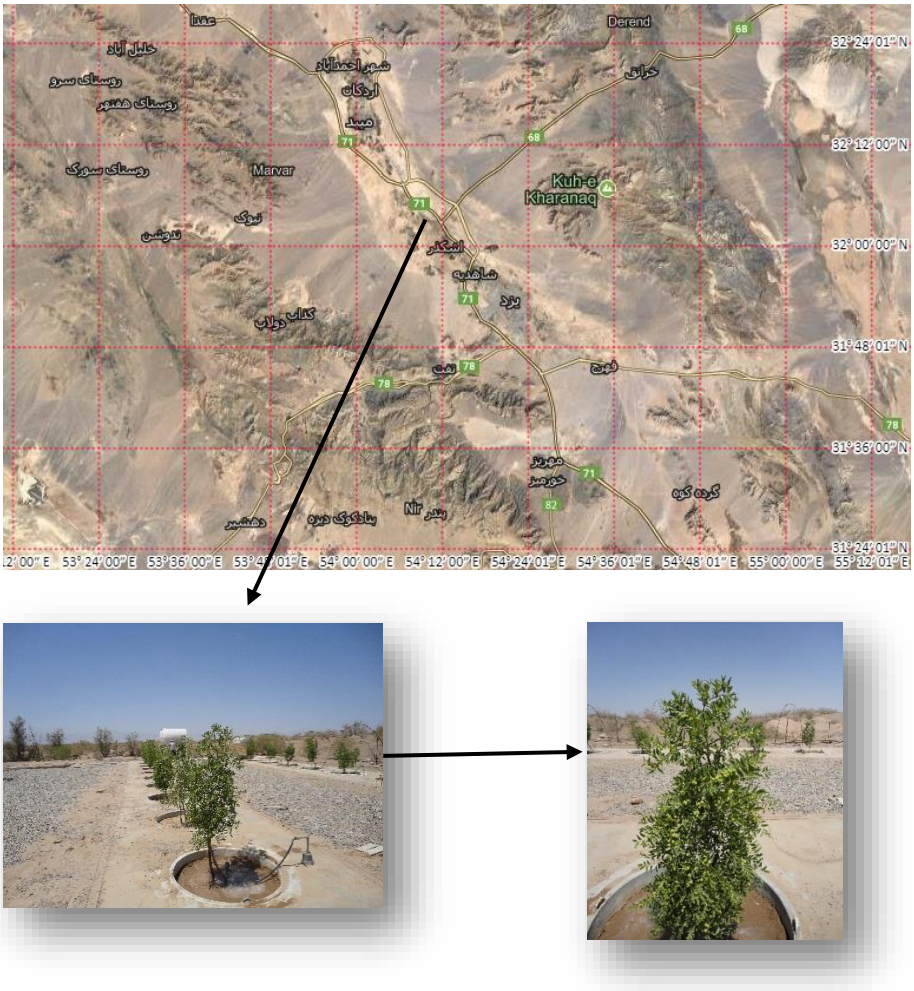
از سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقاتی بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد که مشتمل بر ۲۰ عدد لایسیمتر وزنی زهکش دار با ارتفاع ۱۷۰ سانتی‌متر و قطر ۱۲۱ سانتی‌متر می‌باشد، استفاده گردید. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی سایت تحقیقاتی آزمایش های لایسیمتری ایستگاه مذکور را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری میزان تبخیر از سطح خاک، یک عدد لایسیمتر که در آن گیاهی کشت نشد و تلاش گردید تا حد ممکن رطوبت آن در ظرفیت زراعی حفظ گردد، استفاده شد. میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع (یونجه) نیز در شرایط آزمایش و بطور همزمان با اعمال تیمارهای آبیاری، بوسیله لایسیمتر برآورد گردید. شرایط اکولوژیکی حاکم بر سایت تحقیقاتی ذکر شده به شرح جدول ۱ می‌باشد.

برای پر نمودن لایسیمترها از خاک مناسب با بافت لومی- شنی استفاده گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کوددهی به شرح جدول ۲ است.

### کاشت و مراقبت از نهال‌ها

با آماده شدن لایسیمترها و فراهم شدن شرایط برای کاشت نهال، نسبت به غرس یک اصله نهال در هر لایسیمتر که از روستاهای القور، فلارگ و گیوک از توابع شهرستان بیرجند در خراسان جنوبی تهیه شد، اقدام گردید. نهال‌های غرس شده، پاجوش‌های دو ساله بودند که پس از انتقال از رویشگاه اصلی در داخل لایسمترها کاشت و مراقبت‌های لازم برای استقرار مطلوب آنها به مدت یکسال به عمل آمد. قبل از کاشت نهال‌ها، خاک داخل لایسیمترها را با هدف آبشویی و توزیع یکنواخت رطوبت، با مقدار ۶۴۴ لیتر آب (۴۹۵ لیتر در حد ظرفیت زراعی + ۳۰٪ برای آبشویی)، آبیاری گردید. با متعادل نمودن رطوبت در اعماق مختلف خاک پس از آبیاری سنگین، نهال های کاشت شده، به مدت شش ماه (قبل از اعمال رژیم‌های آبیاری) و هر هفته با مقدار ۵۰ لیتر آب، آبیاری گردیدند. این مقدار آب صرفاً با هدف استقرار و به صورت یکسان، در اختیار هر یک از لایسیمترها قرار گرفت و در محاسبه‌های مربوط به نیاز آبی لحاظ نگردید.

1- Wojdylo




**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش (سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد)**

**Figure 1- Geographical location of the experiment site (lysimeter experiments research site, Yazd Shahid Sadoughi desertification research station)**

**اعمال تیمارها:** درختان چهار ساله عناب تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری که از پاییز سال ۱۳۹۶ آغاز و به مدت یکسال (یکسال زراعی) و تا پاییز سال ۱۳۹۷ ادامه یافت، قرار گرفتند. رژیم‌های آبیاری مورد نظر شامل آبیاری کامل یا شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ۳۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری[1] (به ترتیب ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با شش تکرار بود. اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول آزمایش بوسیله تی- دی- آر[2] مدل ترایم[3] انجام شد. رطوبت خاک در ۴ عمق (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری) قرائت و میانگین آنها به عنوان شاخص وضعیت رطوبت خاک برای جبران کسر آبیاری مورد توجه قرار گرفت (۱۵).

### فاکتورهای مورد ارزیابی

**تعیین طول دوره رشد و طول هر یک از مراحل رشد:** در طول فصل رویشی گیاه (از اواسط اسفندماه تا اواخر آبان) با مراجعه هفتگی به درختان کاشت شده در لایسیمترها، اطلاعات لازم که نشان دهنده تغییر در فازهای رویشی و زایشی بودند، یادداشت‌برداری شد.

1- Deficit Irrigation (DI)
2- TDR (Time Domain Reflectometry)
3- TRIM

**جدول ۱- شرایط اکولوژیکی حاکم بر سایت تحقیقاتی آزمایش‌های لایسیمتری یزد**

**Table 1- Ecological conditions of the Yazd lysimeter experiments research site**

| | |
|---|---|
| طول جغرافیایی<br>Longitude | 54° 11’ 9” |
| عرض جغرافیایی<br>Latitude | 32° 4’ 30” |
| میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)<br>Average annual rainfall (mm) | 70 |
| بیشینه سرعت وزش باد (کیلومتر بر ساعت)<br>Maximum wind speed (km / h) | 120 |
| میانگین سالانه ساعات آفتابی<br>Annual average of sunshine hours | 3052 |
| میانگین سالانه تعداد روزهای یخبندان<br>The mean annual number of frost days | 73 |
| میانگین سالانه تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (میلی‌متر)<br>Annual average evaporation from Class A evaporation pan (mm) | 3207.4 |
| میانگین سالانه رطوبت نسبی در صبح‌گاه (درصد)<br>Average annual relative humidity in the morning (%) | 57 |
| میانگین سالانه رطوبت نسبی در عصر (درصد)<br>Annual average relative humidity in the evening (%) | 38.5 |
| میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)<br>Average annual temperature (C°) | 18 |
| کمینه مطلق دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)<br>Absolute minimum annual temperature (C°) | -13.5 |
| بیشینه مطلق دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)<br>Absolute maximum annual temperature (C°) | 45.5 |
| اقلیم منطقه براساس روش دومارتن اصلاح شده<br>The climate of the region is based on the modified Domartan method | Ultra cold-dry |

این اطلاعات شامل، باز شدن جوانه‌های رویشی به عنوان شروع فاز رویشی تا ایجاد ۱۰ در صد سطح تاج پو شش (مرحله اولیه ر شد)، مرحله تو سعه که از ۱۰ در صد پو شش شروع و تا تو سعه کامل ادامه یافت، مرحله توسعه گیاه که از مرحله اولیه رشد شروع شده و تا مرحله میانی رشد که شامل برقراری پوشش کامل و همچنین شروع رسیدن میوه بود، ادامه یافت. در نهایت مرحله پایانی رشد که با رسیدن میوه ها شروع و تا ریزش برگ ها ادامه یافت، مشخص گردید (۱۶).

**تبخیر تعرق** (ET): میزان تبخیر تعرق برای گیاهان مورد آزمایش از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (۱۷).

$$ETc = (I + P + W1) - (D - W2) \quad (۱)$$

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

$$W1 = \sum_{i=1}^{n} \Theta 1i\ Zi \quad (۲)$$

$$W2 = \sum_{i=1}^{n} \Theta 2i\ Zi \quad (۳)$$

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

میزان باران موثر در محل آزمایش از طریق اطلاعات ایستگاه هواشناسی اشکذر (نزدیکترین ایستگاه به محل اجرای طرح با فاصله حدود ۵ کیلومتر)، محاسبه گردید (۱۸). با توجه به ناچیز بودن باران موثر، ارتفاع بارندگی صفر در نظر گرفته شد.

**برآورد نیاز آبی گیاه مرجع و مقایسه آن با تبخیر تعرق از لایسیمتر:** با استفاده از آمار هواشناسی ایستگاه اشکذر ، تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن مانتیث و به‌وسیله نرم افزار کراپ وات، محاسبه و با تبخیر تعرق گیاه مرجع (یونجه) که در شرایط لایسیمتر بدست آمد، مقایسه گردید. کراپ وات یک نرم افزار مناسب برای مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری است و به وسیله فائو ارائه شده است که تبخیر تعرق پتانسیل (ETo) را بر پایه روش پنمن مانتیث فائو محاسبه می‌نماید. داده‌های ورودی شامل دما (بیشینه و کمینه)، رطوبت نسبی، تابش آفتاب و سرعت باد به صورت ماهانه از آمار بلند مدت ۱۷ ساله ایستگاه هواشناسی اشکذر بود.

**جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در لایسیمترها**

**Tabel 2- Some physical and chemical properties of the soil used in lysimeters**

| | |
|---|---|
| هدایت الکتریکی ( $EC\times10^3$) Electrical conductivity ($EC\times10^3$) | 4.8 |
| واکنش گل اشباع (pH) Saturated soil reaction (pH) | 7.1 |
| مواد خنثی شونده (٪) Neutralizing materials (%) | 24.87 |
| وزن مخصوص Bulk Density | 1.58 |
| شن (٪) Sand (%) | 69.7 |
| سیلت (٪) Silt (%) | 12.3 |
| رس (٪) Clay (%) | 18 |
| بافت خاک Soil Texture | SL |
| کربن آلی (٪) Organic Content (%) | 0.95 |
| رطوبت حجمی (٪) Volumetric humidity (%) | 27.85 |
| رطوبت وزنی (٪) Weight moisture (%) | 17.30 |

**محاسبه ضریب گیاهی (Kc):** برای اندازه‌گیری ضریب گیاهی پس از محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع و همچنین اطلاعات کسب شده از لایسیمتر مربوط به گیاه مرجع، تبخیر تعرق مراحل مختلف رشد عناب بر اساس رابطه ۱ محاسبه و در نهایت از رابطه زیر، ضرایب گیاهی محاسبه شد.

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \qquad (۴)$$

که در آن Kc، ETc و ETo به ترتیب ضریب گیاهی، تبخیر تعرق عناب، تبخیر تعرق بالقوه (تبخیر تعرق گیاه مرجع).

**تعیین نیاز آبی (تبخیر تعرق) درختان عناب بزرگسال و اصلاح ضرایب گیاهی:** در زمان محاسبه تبخیر تعرق گیاه مورد نظر و مقایسه آن با گیاه مرجع، مبنای محاسبه بر اساس پوشش کامل گیاه است. میزان آب مصرف شده در هر یک از تیمارهای آبیاری، بیانگر تفاوت قابل توجه در میزان آب مصرف شده یا تبخیر تعرق آنها است. بنابراین با توجه به اینکه آزمایش در شرایط لایسیمتری انجام شد، اقدام به اصلاح تبخیر تعرق و ضریب گیاهی عناب بزرگسال برای تیمارهای مختلف در طول فصل رشد گردید.

با توجه به رشد کم درختان عناب در سنین پایین، پوشش کامل درختان چهارساله کاشت شده در شرایط لایسیمتر معادل سطح لایسیمتر (سطح تبخیر تعرق) در نظر گرفته شد. با تراکم ۵۰۰ اصله در هکتار به فاصله ۴×۵ متر حدود ۵/۶ درصد در نظر گرفته شد که با تعمیم آن به درختان مسن تر که سطح باغ را در حدود ۷۰ درصد پوشش می‌دهند، میزان نیاز آبی در چنین شرایطی برآورد گردید. به عبارتی با اعمال ضریب پوشش گیاهی موثر، میزان تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده به سطح پوشش مورد نظر، تعمیم داده شد.

**محاسبه کارایی مصرف آب[1] (WUE):** با برداشت میوه و نگهداری در شرایط مطلوب برای کاهش رطوبت، وزن خشک کل میوه هر درخت محاسبه گردید. با محاسبه تبخیر تعرق و دارا بودن وزن خشک میوه در هریک از تیمارها، کارایی مصرف آب بر مبنای گرم ماده خشک تولیدی (میوه) به ازای هر لیتر آب مصرف شده بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (۱۹).

$$WUE = \frac{Fy}{ET} \qquad (۵)$$

که در آن WUE کارایی مصرف آب (گرم بر لیتر)، Fy عملکرد بر اساس وزن خشک میوه (گرم) و ET که برای همه تیمارها بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید. وزن خشک میوه از طریق توزین میوه‌های هر درخت که در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار گرفتند، بدست آمد.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) و به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶,۰ تجزیه و تحلیل شدند. مقادیر میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای LSD ($\alpha = 0.05$) مقایسه شد.

## نتایج و بحث

### دوره‌های رشد درختان عناب در شرایط اقلیمی یزد

بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و در شرایط اقلیمی یزد، درختان عناب مورد آزمایش، رشد رویشی خود را از اواخر اسفندماه آغاز و تا اواسط آبان ماه با ریزش برگ‌ها، خاتمه دادند. در طول این مدت که حدود ۲۳۵ روز به طول انجامید، چهار مرحله اصلی و مهم مشهود بود (جدول ۳). مراحل مورد اشاره، بر اساس دوره‌های پیشنهادی فائو برای درختان میوه خزان‌دار که در نشریه شماره ۱۲۲ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران آمده است، انتخاب شد (۱۶)، هر چند لیو و همکاران (۲۰) دوره رشد و نمو را برای درختان عناب، ۱۵۳ روز و شامل چهار دوره جوانه زنی تا گسترش برگ‌ها (۳۶ روز)، گلدهی تا تشکیل کامل میوه‌ها (۲۹ روز)، رشد میوه‌ها (۴۶ روز) و رسیدن کامل میوه‌ها (۳۸ روز) معرفی و نیاز آبی را بر اساس چهار دوره ذکر شده، براورد و گزارش کرده‌اند.

1- Water Use Efficiency (WUE)

**جدول ۳- طول دوره رشد و طول هر یک از مراحل رشد عناب، در شرایط اقلیمی یزد**

**Table 3- Jujube growth period length and length of each stage in Yazd's climatic conditions**

| شروع فاز رویشی (ظهور برگ‌ها) Start of vegetative phase | ظهور گل Flower initiation | دوره اولیه رشد* (روز) Initial (day) | دوره توسعه** (روز) Crop developmen (day) | دوره میانی*** (روز) Mid-season (day) | دوره انتهایی**** (روز) Late-season (day) | تاریخ برداشت محصول Date of harvest | کل دوره رشد (روز) Total growth period (day) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 35 | 72 | 52 | 76 | | |
| Late March | late April | Late March to late April | Late April to late June | Late June to mid-August | Late August to early November | Mid-September | 235 |

*ایجاد ۱۰ درصد از سطح تاج پوشش 10 % of the canopy

** از ۱۰ درصد شروع و تا پوشش کامل ادامه دارد Starting at 10 % of the canopy and continuing until full coverage

*** پوشش کامل موثر تا رسیدن کامل میوه‌ها Effective full coverage until fruits ripening

**** از شروع رسیدن میوه با تغییر رنگ تا خزان برگ‌ها From the beginning of fruits ripening to the fall of the leaves

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که طول دوره‌های رشد درختان عناب ( شامل مرحله اولیه، مرحله تو سعه گیاه، مرحله میانی و مرحله پایانی)، متفاوت از سایر درختان میوه خزان شونده بود. به عنوان مثال برای درختان میوه خزان شونده در عرض‌های جغرافیایی پایین به ترتیب، ۲۰، ۷۰، ۱۲۰ و ۶۰ روز و با مجموع ۲۷۰ روز اعلام شده است (۱۶)، در حالی که برای عناب به ترتیب، ۳۵، ۷۲، ۵۲ و ۷۶ روز و با مجموع ۲۳۵ روز محاسبه گردید. مقادیر ذکر شده برای درختان پسته که از نظر رویشگاهی، تا حدودی مشابه رویشگاه عناب می‌باشد، به ترتیب، ۲۰، ۶۰، ۳۰ و ۴۰ روز و در مجموع ۱۵۰ روز گزارش شده که تفاوت فاحشی با نتایج این تحقیق دارد. از نظر طول دوره رشد و نمو، بیشترین تشابه را با انگور نشان داد که برای عرض‌های جغرافیایی پایین، ۲۴۰ روز گزارش شده ا ست (۱۶). امر طبیعی ا ست که به دلیل تفاوت در طول دوره رشد مراحل چهارگانه با سایر درختان میوه، تبخیر و تعرق هر یک از این مراحل نیز متفاوت است. اگرچه فنگ[1] و همکاران (۱۱) برای عناب، پنج مرحله رشد شامل تورم جوانه‌ها تا برگدهی کامل، گل‌دهی و تشکیل میوه، رشد میوه، رسیدن کامل میوه و مرحله پایانی قبل از خواب که در برگیرنده حدود ۱۹۵-۱۹۸ روز می‌باشد، معرفی کرده‌اند. تفاوت در طول دوره‌های رشد می‌تواند ناشی از تفاوت در رویشگاه و شرایط اقلیمی محل آزمایش و همچنین نوع گونه و رقم باشد (۱۶).

## تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی

شکل ۲ میزان آب مصرف شده (تبخیر تعرق) در هریک از تیمارهای مختلف آبیاری و مربوط به مراحل چهار گانه رشد و نمو را در شرایط لایسیمتری و در اقلیم یزد نشان می‌دهد.

تبخیر تعرق یونجه به عنوان گیاه مرجع، بطور مستقیم، با انجام آزمایش از طریق کا شت در لای سیمتر م شابه بد ست آمد که با مقدار نیاز آبی محاسبه شده با نرم افزار کراپ وات، دارای اختلاف اندکی بود. با این شرایط مقدار تبخیر و تعرق بدست آمده از طریق لایسیمتر، مبنای محاسبه در تعیین ضرایب گیاهی قرار گرفت. مقدار تبخیر و تعرق یونجه در شرایط آزمایش معادل ۱۸۳۶/۵ میلی‌متر و مقدار محاسبه شده با نرم افزار کراپ وات، ۱۸۷۷/۵ میلی‌متر بود.

نتایج حا صل از محا سبه تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی مربوط به هر یک از رژیم‌های آبیاری (حاصل از اندازه‌گیری‌های لایسیمتری) در ماه‌های مختلف در جدول ۴ ن شان داده شده ا ست. داده‌های بد ست آمده نشان داد که بالاترین میزان تبخیر تعرق در هر سه تیمار آبیاری مربوط به تیرماه و کمترین آن مربوط به اسفندماه بود. میزان تبخیر و تعرق سالانه در تیمار شاهد، ۳۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری به ترتیب ۸۲۸/۰۶، ۵۱۴/۰۴ و ۳۸۶/۰۴ میلی‌متر با ضریب گیاهی سالانه به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۲۸ و ۰/۲۱ اندازه‌گیری شد. در همین رابطه سان[2] و همکاران (۲۱) گزارش کرده‌اند که نیاز واقعی تبخیر تعرق سالانه باغ های عناب احداث شده در دشت‌های شمالی چین حدود ۶۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. اگرچه لیو[3] و همکاران (۲۰) نیاز واقعی تبخیر و تعرق جنگل‌های عناب استان شانکسی چین را سالانه حدود ۴۶۳ میلی‌متر برای چهار دوره ر شد، از باز شدن جوانه‌های رویشی تا ر سیدن میوه (۱۵۳ روز) گزارش کرده‌اند که ۴۵۱ میلی‌متر آن از بارندگی تامین می شود. آنها بیان داشته‌اند که علی‌رغم تأثیر شرایط اقلیمی و مرحله رشد بر میزان تبخیر و تعرق، درختان موجود در این جنگل ها همواره در معرض تنش خشکی بوده که با کاهش بارندگی از میزان ذکر شده، شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد.

1- Feng
2- Sun
3- Liu

**جدول ٤- میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی درختان عناب در ماه‌های مختلف و تحت تأثیر تیمارهای آبیاری**

**Table 4- The amount of ET and Kc of jujube trees in different months and different irrigation treatments**

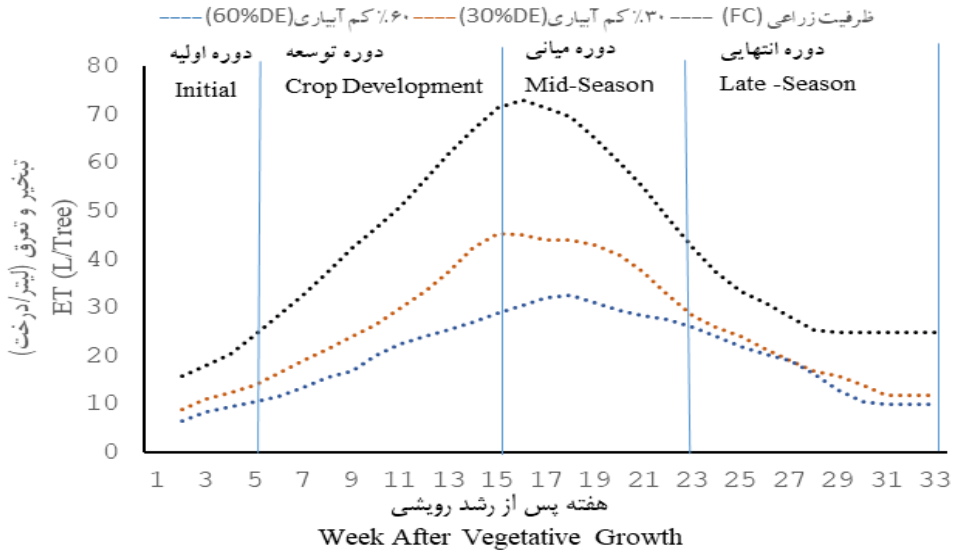
| ماه Month | ظرفیت زراعی (شاهد) FC (Control) | | ۳۰ ٪ کم آبیاری 30% DI | | ٦۰ ٪ کم آبیاری 60% DI | | تبخیر تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) ETo (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تبخیر تعرق (میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | تبخیر تعرق ( میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | تبخیر تعرق (میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | |
| مهر 23-Septamber to 22-October | 61.49 | 0.46 | 37.76 | 0.28 | 32.52 | 0.24 | 132.70 |
| آبان 23-October to 21-November | 45.66 | 0.48 | 21.92 | 0.23 | 18.06 | 0.19 | 94.21 |
| آذر 22- November to 21 December | - | - | - | - | - | - | 68.51 |
| دی 22- December to 20 January | - | - | - | - | - | - | - |
| بهمن 21-January to 19-February | - | - | - | - | - | - | - |
| اسفند 20- February to 20 March | 19.48 | 0.24 | 10.96 | 0.13 | 7.82 | 0.10 | 81.32 |
| فروردین 21- March to 20-April | 59.67 | 0.36 | 35.32 | 0.22 | 25.29 | 0.15 | 166.90 |
| اردیبهشت 21- April to 21- May | 102.28 | 0.44 | 58.46 | 0.25 | 42.75 | 0.18 | 232.61 |
| خرداد 22- May to 21- June | 150.39 | 0.51 | 92.57 | 0.31 | 61.42 | 0.21 | 299.70 |
| تیر 22- june to 22- July | 173.52 | 0.55 | 108.41 | 0.34 | 75.88 | 0.24 | 318.21 |
| مرداد 23- July to 22- August | 132.12 | 0.51 | 89.53 | 0.34 | 68.65 | 0.26 | 262.60 |
| شهریور 23- August to 22-September | 83.41 | 0.47 | 57.86 | 0.32 | 53.60 | 0.30 | 179.82 |
| جمع(Total) | 828.1 | | 514.1 | | 386.0 | | 1836.5 |
| میانگین(Average) | | 0.45 | | 0.28 | | 0.21 | |

متو سط نیاز آبی روزانه در تیمار شاهد، ۳/۵۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شـد که با اعمال ۳۰ درصـد کم آبیاری به ۲/۲ میلی‌متر کاهش یافت که با نتایج ارائه شده توسط لیو و همکاران (۲۰) که معادل ۲/۱۷ میلی متر بود، مطابقت دارد.

همچنین نتایج حاصل از محاسبه تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی در مراحل مختلف ر شد ن شان داد که بالاترین میزان تبخیر تعرق گیاه در دوره توسعه رشد بوده که منطبق با گلدهی، تشکیل و شروع رشد میوه بود. کمترین میزان تبخیر تعرق (۶۰/۸۱ میلی‌متر) و ضـــریب گیاهی (۰/۲۷) در تیمار شاهد مربوط به دوره اولیه رشد بود که گیاه از پوشش کمتر از ۱۰ در صد برخوردار بود. بیشترین مقدار تبخیر تعرق (۳۱۶/۲۲ میلی‌متر) و بیشترین ضریب گیاهی (۰/۶۰) مربوط به دوره توسعه رشد با پو شش کامل و در شرایط آبیاری در حد ظرفیت زراعی بود (جدول ۵). نتایج بدست آمده با نتایج فنگ و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. آنها نیز بالاترین میزان مصرف آب را در عناب به دوره دوم و سوم ر شد و کمترین را به دوره اول و چهارم ر شد ن سبت داده‌اند. بی شترین میزان تبخیر تعرق مربوط به ماه‌های تیر، خرداد، مرداد و اردیبهشـــت بود که به ترتیب در تیمار شـــاهد، ۱۷۳/۵۲، ۱۵۰/۳۹، ۱۳۲/۱۲ و ۱۰۲/۲۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شـد. مرحله توسـعه و میانی رشـد که همزمان با

گلدهی، تشکیل میوه و رشد اولیه میوه می‌باشد، در ماه‌های مورد اشاره قرار دارند. با این شـــرایط به نظر می‌رســـد، تامین نیاز آبی عناب در ماه‌های ذکر شـــده و در اقلیم مشـــابه محل اجرای تحقیق، از اولویت برخوردار و تأثیر زیادی بر رشد و نمو این گیاه دارد.

تجزیه واریانس داده‌های بدســـت آمده از میزان مصـــرف آب در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که میزان تبخیر و تعرق و همچنین ضـــرایب گیاهی بین آنها از اختلاف معنی‌داری ($P<0.001$) برخوردار بودند (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نشـــان از برتری تیمار شـــاهد بود. کمترین میزان تبخیر تعرق و ضـــریب گیاهی مربوط به تیمار ۶۰ درصد کم آبیاری بود (جدول ۷).




**شکل ۲- مقدار تبخیر تعرق در دوره‌های مختلف رشد و نمو درختان عناب و تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری، در شرایط لایسیمتری و در اقلیم یزد**

**Figure 2- The amount of ET in different periods of jujube trees growth in different irrigation treatments under lysimeter condition and Yazd climate**

**جدول ۵- میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی درختان عناب در دوره‌های مختلف رشد و تحت تأثیر تیمارهای آبیاری**

**Table 5- The amount of ET and Kc of jujube Trees in different periods of growth, under different irrigation treatments influence**

| مراحل رشد Growht stages | ظرفیت زراعی (شاهد) FC (Control) | | ۳۰ ٪ کم آبیاری 30% DI | | ۶۰ ٪ کم آبیاری 60% DI | | تبخیر تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) ETo (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تبخیر تعرق (میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | تبخیر تعرق (میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | تبخیر تعرق (میلی‌متر) ETc (mm) | ضریب گیاهی (Kc) | |
| اولیه Initial | 60.81 | 0.27 | 35.32 | 0.16 | 25.89 | 0.11 | 248.21 |
| توسعه Crop developmen | 316.22 | 0.60 | 191.31 | 0.37 | 129.50 | 0.28 | 576.10 |
| میانی Mid-season | 284.91 | 0.57 | 186.40 | 0.36 | 141.51 | 0.26 | 545.51 |
| انتهایی Lat-season | 166.20 | 0.36 | 101.10 | 0.23 | 89.10 | 0.19 | 466.70 |
| جمع (Total) | 828.1 | | 514.1 | | 386.0 | | 1836.5 |
| میانگین (Average) | | 0.45 | | 0.28 | | 0.21 | |

**جدول ٦- آنالیز واریانس سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی درختان عناب**

**Table 6- ANOVA results of different levels of irrigation treatments on the amount of jujube trees ET and Kc**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی (df) | میانگین مربعات (MS) | |
|---|---|---|---|
| | | تبخیر تعرق(ETc) | ضریب گیاهی ($K_C$) |
| تیمار آبیاری Irrigation treatment | 2 | 3104723.73 | 0.0921** |
| خطا Error | 15 | 198337.13 | 0.001 |
| کل Total | 17 | | |
| CV | | 4.56 | 4.49 |

**جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف رژیم آبیاری بر تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی عناب در شرایط اقلیمی یزد**

**Table 7- Comparison of the mean scores on the effect of different levels of irrigation treatments on jujube trees ET and Kc in Yazd climatic conditions**

| تیمار آبیاری Irrigation treatment | شاخص Indicator | |
|---|---|---|
| | تبخیر تعرق (میلی متر درسال) ETc (mm/Year) | ضریب گیاهی (Kc) |
| ظرفیت زراعی (شاهد) FC (Control) | 828.10a | 0.45a |
| ۳۰٪ کم آبیاری 30% DI | 514.10b | 0.25b |
| ۶۰٪ کم آبیاری 60% DI | 386.00c | 0.21c |

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

Similar letters in each column shows non-significant difference according to LSD multiple range test ($P<0.05$)

**جدول ۸- آنالیز واریانس سطوح مختلف رژیم آبیاری، جمعیت و اثر متقابل آنها بر عملکرد و کارایی مصرف آب**

**Table 8- ANOVA results of different levels of irrigation treatments on the amount of jujube trees yield and water use efficiency**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی (df) | میانگین مربعات (MS) | |
|---|---|---|---|
| | | عملکرد (Yield) | کارایی مصرف آب (WUE) |
| تیمار آبیاری Irrigation treatment | 2 | 51814.19** | 0.11548** |
| خطا Error | 15 | 1445.82 | 0.011257 |
| کل Total | 17 | | |
| CV | | 27.74 | 21.18 |

## عملکرد و کارایی مصرف آب

در محاسبه کارایی مصرف آب، میزان تبخیر وتعرق از گیاه به ازای ماده خشک تولیدی (میوه) مورد توجه قرارگرفت. تجزیه واریانس داده ها در این خصوص نشان داد که از نظر عملکرد ماده خشک، بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری ($P<0.0001$) وجود دارد. اختلاف معنی‌داری ($P<0.001$) بین تیمار های مختلف آبیاری در خصوص کارایی مصرف آب نیز مشاهده گردید (جدول ۸).

مقایسه میانگین داده‌ها در این خصوص نشان داد که هر یک از رژیم های مختلف آبیاری از نظر میزان عملکرد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. بالاترین میزان عملکرد هر درخت، مربوط به رژیم آبیاری ظرفیت زراعی با ۲۳۹/۳۶ گرم و کمترین آن با ۵۷/۹۰ گرم مربوط به رژیم آبیاری ۶۰ درصد کم آبیاری بود (جدول ۹). بین رژیم

های آبیاری شاهد و ۳۰ درصد کم آبیاری در خصوص کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، با افزایش سطح تنش خشکی کارایی مصرف آب کاهش یافت بگونه‌ای که تیمار ۶۰ درصد کم آبیاری با ۰/۳۶۶ گرم وزن خشک میوه به ازای هر لیتر آب اتلاف یافته از طریق تبخیر و تعرق، پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده و با دو تیمار دیگر از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود (جدول ۹). عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین شاهد و ۳۰ در صد کم آبیاری، امکان اعمال کم آبیاری در مرحله‌ای از رشد میوه که آسیبی به عملکرد و کیفیت آن، وارد ننماید را فراهم کرده است. در هنگام اعمال کم آبیاری، توجه به کیفیت میوه، بویژه در خصوص گونه‌های دارویی امری ضروری است، هر چند گزارش شده است که تنش ملایم، ممکن است موجب ارتقای سطح ترکیبات موثر بر فعالیت آنتی اکسیدانی در میوه نیز شود (۲۲). کویی[1] و همکاران (۲۳) به این نکته اشاره نموده‌اند که کم آبیاری بویژه در مرحله سوم رشد تأثیر زیادی بر کاهش ضریب گیاهی در عناب داشته و موجب ارتقای کارایی مصرف آب می‌گردد، بدون اینکه تأثیری معنی‌دار بر کاهش عملکرد گیاه داشته باشد. ما[2] و همکاران (۱۰) با بررسی تأثیر کنجایش نسبی آب خاک بر کمیت و کیفیت میوه عناب، گزارش کرده‌اند که هر دو شاخص ذکر شده، کاملاً به میزان دسترسی گیاه به آب وابسته بود. آنها کاهش عملکرد را به کاهش میزان دسترسی ریشه به آب مربوط دانستند. اسماعیل و المرشدی (۸) بر این نکته تاکید نموده‌اند که در تمامی ارقام عناب مورد آزمایش، با دسترسی مناسب ریشه درختان به آب از طریق اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای، قطر یقه، قطر تاج، عملکرد و اجزای عملکردی بهبود یافت. توصیه آنها بر تامین و پراکنش مطلوب آب در اطراف درخت از طریق افزایش تعداد قطره چکان‌ها بود. در این رابطه تاکید شده است که عناب، بیشترین تراکم ریشه را در عمق ۲۵- ۵۰ سانتی‌متری سطح خاک دارد، لذا انجام آبیاری منظم و کافی بویژه در فصل بهار و تابستان، برای رشد و نمو مطلوب درخت، امری ضروری است (۱۲ و ۱۳). سطحی بودن ریشه می‌تواند عاملی برای حساسیت درخت به تنش‌های طولانی مدت باشد.

با بررسی همبستگی بین میزان تبخیر و تعرق با عملکرد و کارایی مصرف آب مشخص گردید که هر چند رابطه مستقیم (رابطه خطی) بین این دو وجود دارد و در شرایط آزمایش و در محدوده مورد مطالعه با افزایش میزان تبخیر و تعرق عملکرد افزایش یافت، با این وجود کارایی مصرف آب از این رابطه تبعیت نکرد و با ضریب همبستگی پایین‌تر ($R^2$ =0/52) با افزایش میزان تبخیر و تعرق در محدوده‌ای، افزایش و در ادامه با بی‌تأثیر شدن (مستقیم شدن خط معادله) و پس از آن با تأثیر منفی، موجب کاهش کارایی مصرف آب گردید (شکل ۳).

در بسیاری از مطالعات به این نکته اشاره شده است که رژیم‌های کم آبیاری به دلیل کاهش تعرق از سطح برگ‌ها، باعث کاهش رشد و در نتیجه کاهش عملکرد می شوند، با این وجود کارایی مصرف آب ممکن است بهبود یابد (۲۴). جیرونا[3] و همکاران (۲۵) بیان داشته‌اند که در گیاهان چوبی، اولین واکنش گیاه به کم آبی، کاهش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها، همراه با بهبود کارایی مصرف آب می‌باشد.

یو[4] و همکاران (۲۶) گزارش کرده‌اند که با افزایش تنش خشکی به دلیل افزایش تراکم روزنه‌ها و همچنین کوچک شدن دهانه روزنه ها، میزان تعرق کاهش و راندمان تثبیت $CO_2$ افزایش و از این طریق کارایی مصرف آب بهبود می‌یابد. طاووسی و همکاران (۲۷) مطلوبترین کارایی مصرف آب (۳/۱۸ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب) را برای انار تنها با کاهش ۱۰ درصد کم آبیاری گزارش کرده‌اند. آنها بیان داشته‌اند که با کاهش ۵۰ درصد کم آبیاری، ضمن کاهش شدید عملکرد، کارایی مصرف آب نیز از ۳/۱۷ در تیمار آبیاری کامل به ۲/۵۸ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب کاهش یافت و با تیمارهای آبیاری کامل و ۱۰ درصد کم آبیاری اختلاف معنی‌داری را نشان داد.

با این شرایط به نظر می‌رسد در بسیاری از گیاهان، اگرچه تنش‌های ملایم خشکی، ممکن است موجب کاهش ناچیزی در عملکرد شود، با این وجود، می‌تواند بهبود کارایی مصرف آب را به دنبال داشته باشد. اعمال تنش خشکی یا کم آبیاری مدیریت شده در مراحلی که رشد میوه از آهنگ رشد کمتری برخوردار است، می‌تواند موجب بهبود کارایی مصرف آب شود، بدون اینکه بر کاهش عملکرد تأثیر زیادی داشته باشد (۲۸). در این تحقیق نیز علی‌رغم کاهش کارایی مصرف آب در اثر اعمال تنش ملایم خشکی (۳۰ در صد کم آبیاری)، اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نگردید که می‌توان تأثیر تنش ملایم را در بهبود کارایی مصرف آب گزارش نمود. به دلیل حساسیت زیاد درختان عناب به تنش شدید خشکی، ضمن کاهش شدید عملکرد درختان، کارایی مصرف آب نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت که باید در مدیریت آبیاری درختان عناب به آن توجه و از آن پرهیز نمود.

## نتیجه‌گیری

هرچند از عناب به عنوان یک گیاه دارویی مقاوم به خشکی یاد می‌شود، باید متذکر شد که بدلیل اهمیت کمی و کیفی میوه در این گیاه دارویی، باید آنرا به عنوان یک درخت میوه مورد توجه و نیازهای اکولوژیکی و تغذیه‌ای آنرا برای تولید میوه‌ای با کیفیت و اقتصادی تامین کرد.

1- Cui
2- Ma
3- Girona
4- Yoo

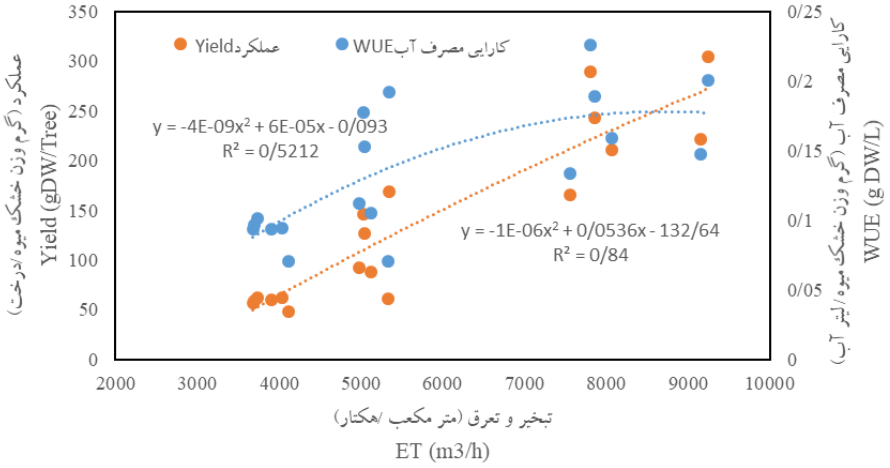
**جدول ۹- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب درختان عناب در شرایط اقلیمی یزد**

**Table 9- Comparison of the mean scores on the effect of different levels of irrigation treatments on jujube trees yield and water use efficiency**

| تیمار آبیاری Irrigation treatment | شاخص Indicator | |
|---|---|---|
| | عملکرد (گرم میوه خشک/ درخت) Yield (g DW/ tree) | کارایی مصرف آب (گرم /لیتر) WUE (g/L) |
| ظرفیت زراعی (شاهد) FC (Control) | 239.36[a] | 0.686[a] |
| ۳۰٪ کم آبیاری 30% DI | 113.84[b] | 0.539[a] |
| ۶۰٪ کم آبیاری 60% DI | 57.90[c] | 0.366[b] |

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

Similar letters in each column shows non-significant difference according to LSD multiple range test ($P<0.05$)




**شکل ۳- همبستگی بین میزان تبخیر و تعرق با عملکرد و کارایی مصرف آب درختان عناب در شرایط آزمایش**

**Figure 3- The correlation between jujube trees ET with yield and water use efficiency under experimental condition**

درختان میوه دارای مراحل رشد متنوع با زمان های کوتاه و طولانی مدت بوده که هر مرحله از نظر نیاز آبی متفاوت است. تامین نیاز آبی عناب در مراحل رشد چهار گانه، برای بدست آوردن عملکرد مطلوب همراه با کیفیت مناسب، امری ضروری است. هرچند نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با اعمال تنش ملایم خشکی، کارایی مصرف آب را بهبود بخشید، با این وجود نباید تأثیر تنش خشکی را بر بهبود کیفیت میوه که بر ارتقای فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن تأثیر زیادی دارد را نادیده گرفت، موضوعی که نیاز به بررسی بیشتر دارد.

## منابع


1- Hajar Sh., Malekzadeh shafaroodi S., Ghoss K., and Shahriari F.A. 2010. Evaluation of genetic diversity of Iranian Jujube (*Ziziphus* spp.) Collections by Marker (ISSR). National Conference on Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Ferdowsi Mashhad University. (In Persian with English abstract)

2- Zargari A. 1996. Medicinal Plants, Volume 1, University of Tehran Publications, Tehran. (In Persian)

3- Hosain Ava S. 2003. Jujube, Extension Journal, Seed and Plant Improvement Institute, 19 p. (In Persian)

4- Mill G.P. 2009. Demonstration of the psychotropic effect of mother tincture of *Ziziphus jujuba*. Phytotherapie 7(1): 31- 36.

5- FAO. 2013. Jujube; http://www.fao.org/docrep/007/ae017e/ae017-12.htm.

6- Daghighii S., Tehranifar A., Davarinejad G.H., Nakhayi A., Jahanii M., and Malekzadeh Shafaroodii. 2015. The Effect of irrigation period on mycorrhiza rate of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill). Plant Production Research 21(3): 191-202.
7- Wojdyło A., Carbonell-Barrachina A.A., Legua P., and Hernandez F. 2016. Phenolic composition, ascorbic acid content, and antioxidant capacity of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits. Food chemistry 201: 307-314.
8- Ismail S.M., and Almarshadi M.H.S. 2013. Effect of water distribution patterns on productivity, fruit quality and water use efficiency of *Ziziphus jujuba* in arid regions under drip irrigation system. Journal of Food, Agriculture and Environment 11(1): 373-378.
9- Cui N., Du T., Li F., Tong L., Kang S., Wang M., Liu X., and Li Z. 2009. Response of vegetative growth and fruit development to regulated deficit irrigation at different growth stages of pear-jujube tree. Agricultural Water Management 96(8): 1237-1246.
10- Ma F., Kang S., Li F., Zhang J., Du T., Hu X., and Wang M. 2007. Effect of water deficit in different growth stages on stem sap flux of greenhouse grown pear-jujube tree. Agricultural Water Management 90(3): 190-196.
11- 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.
12- Chen D., Wang Y., Liu S., Wei X. and Wang X. 2014. Response of relative sap flow to meteorological factors under different soil moisture conditions in rain fed jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) plantations in semiarid Northwest China. Agricultural Water Management 136: 23-33.
13- Li J., Liu Y., Fan L., Ai L., and Shan L. 2011. Antioxidant activities of polysaccharides from the fruiting bodies of *Zizyphus Jujuba* cv. Jinsixiaozao. Carbohydrate Polymers 84(1): 390-394.
14- 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.
15- Rad M.H., Assareh M.H., and Soltani M. 2019. Water requirement and water use efficiency in *Eucalyptus flocktoniae* Maiden and *E. leucoxylon* F. Muell. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 25(3): 441-451. (In Persian with English abstract)
16- Vaziri J., Salamat A.R., Entesari M.R., Meschi M., Hidari N., and Dehghani Sanich H. 2009. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements), Published by Arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, ISBN: 978-964-6668-69-0, 362P.
17- 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.
18- Sun H., Shao L., Liu X., Miao W., Chen S., and Zhang X. 2012. Determination of water consumption and the water-saving potential of three mulching methods in a jujube orchard. European Journal of Agronomy 43: 87-95.
19- Adnan S., and Khan A.H. 2009. Effective rainfall for irrigated agriculture plains of Pakistan. Pakistan Journal of Meteorology 6(11): 61-72.
20- Liu S., Wang Y., Wei X., Wei X., Wang X., and Zhang L. 2013. Measured and Estimated Evapotranspiration of Jujube (*Ziziphus jujuba*) Forests in the Loess Plateau, China. International Journal of Agriculture and Biology 15(5): 811-819.
21- Sun S., Meng P., Zhang J., and Wan X. 2011. Seasonal variation in water use of *Ziziphus jujuba* in the south aspect of Taihang mountains with deuterium isotope signature. Scientia Silvae Sinicae 47(5): 46-53.
22- 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.
23- Cui N., Du T., Li F., Tong L., Kang S., Wang M., Liu X., and Li Z. 2009. Response of vegetative growth and fruit development to regulated deficit irrigation at different growth stages of pear-jujube tree. Agricultural Water Management 96(8): 1237-1246.
24- Fereres E., and Soriano M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58(2): 147-159.
25- Girona J., Mata M., Goldhamer D.A., Johnson R.S., and DeJong T.M. 1993. Patterns of soil and tree water status and leaf functioning during regulated deficit irrigation scheduling in peach. Journal of the American Society for Horticultural Science 118(5): 580-586.
26- Yoo C.Y., Pence H.E., Hasegawa P.M., and Mickelbart M.V. 2009. Regulation of transpiration to improve crop water use. Critical Reviews in Plant Science 28(6): 410-431.
27- Tavousi M., Kaveh F., Alizadeh A., Babazadeh H., and Tehranifar A. 2015. Effects of drought and salinity on yield and water use efficiency in pomegranate tree. Journal Mater Environment Science 6(7): 1975-1980.
28- Yang H., Du T., Qiu R., Chen J., Wang F., Li Y., Wang C., Gao L., and Kang S. 2017. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. Agricultural Water Management 179: 193-204.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 847-860

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۸۶۰-۸۴۷

# Evaluation of Different Levels of Irrigation on Evapotranspiration (ET), Crop Coefficient (Kc) and Yield of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) Under Lysimetery Conditions

**M.H. Rad[1]*- M.H. Assareh[2]- M.R. Vazifeshenas[3]- A.R. Kavand[4]- M. Soltani Gerdeframarzi[5]**

Received: 27-04-2020
Accepted: 05-09-2020

**Introduction:** Although jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) is known as a medicinal plant and is less important than other fruit trees, it has received more attention in recent years due to its significance in traditional Iranian medicine. There is no study on the actual water need for jujube trees and the impact of irrigation on yield and water use efficiency in the country. However, some studies emphasized on the need of regular watering and irrigation to improve the quality and quantity of jujube fruit. Given the importance of jujube in China, extensive researches have been conducted on water requirements, plant strategies to save water, impact of drought stress on plant morpho-physiological behaviors, impact of appropriate water distribution on soil quantity and quality of plant development, root distribution patterns and its impact on the amount of water consumed. In all cases, it has been emphasized that the mechanisms of water consumption in jujube differ by climate, genotype, irrigation method and management. In order to improve the quantity and quality of jujube fruit, it is necessary to balance the soil moisture condition and keep the plant away from stress. However, dehydration in jujube is a serious issue that should be addressed with the aim of saving water and improving fruit quality. In this study, the actual water requirement of the plant, the effect of different levels of deficit irrigation on evapotranspiration (ET) and crop coefficient (Kc) rate, yield and water use efficiency (WUE) in jujube trees were investigated. The moisture stress was applied through all stages of plant growth by deficit irrigation.

**Materials and Methods**: In this study, the lysimeter experiment site of Yazd (Shahid Sadoghi Desertification Research Station) with 20 weighing drainage lysimeters (170 cm in height and 121 cm in diameter) was used. To measure evaporation from the soil surface, one lysimeter without plant was used. Note that the moisture content in this lysimeter was always maintained at the field capacity. For the measurement of reference ET ($ET_0$), one lysimeter was used and it compared with $ET_0$ calculated by Penman-Monteith-FAO. After preparing the lysimeters and providing the conditions for planting seedlings, we planted one tree per lysimeter. Trees collected from the villages of Alqoor, Flarg and Gyuk (South Khorasan Province). The suckers were two-years-old with the same size and shape. Trees were irrigated with 50 liters water on a weekly basis for six months. At the beginning of autumn of 2018, treatments including complete irrigation (field capacity), 30% and 60% of deficit irrigation were conducted in a completely randomized design with six replications. Soil moisture measurement during the experiment was performed by TDR. Soil moisture was recorded at 4 depths (0-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm) and their mean was considered as an index of soil moisture status to compensate the irrigation fraction. During the experiment and at the end, indices such as different stages of plant growth, ET, $ET_0$, Kc, yield and WUE were determined. The data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using the statistical package SPSS ver. 16.0, and the mean values were also compared using LSD multiple range test ($\alpha = 0.05$).

**Results and Discussion:** The results showed that the jujube trees began their vegetative growth from late March (leaves appear) until the end of November (leaves fall) over 2017-2018 agronomic year in Yazd. During this time, which lasted about 235 days, four major and important stages were evident. The steps cited were in FAO's recommendation for deciduous fruit trees (in Issue 122 of the Iranian Irrigation and Drainage National Committee). The results of these studies showed that the length of different growth periods of jujube trees

1- Assistant Professor Research Division of Forest and Rangeland, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
(*- Corresponding Author Email: mohammadhadirad@gmail.com)
2- Professor Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran
3- Assistant Professor Research Division of Seed and Plant, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
4- M.Sc., Seed and Plant Certification and Registration Institute, AREEO, Karaj, Iran
5- M.Sc., Research Division of Forest and Rangeland, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i4.86329

(including early stage, plant development stage, mid stage and end stage) was different with another deciduous fruit trees. ET values in three irrigation regimes showed that the highest ET was observed in July and the lowest in March. Annual ET in control, 30% and 60% of deficit irrigation treatments were 828.06, 514.04 and 386.04 mm, respectively, with 0.45, 0.28 and 0.21, annual Kc, respectively. The results of ET and Kc computed at different growth stages showed that the reproductive growth development period (flowering, fruit set beginning of fruit growth) had the highest ET. In control treatment, the lowest ET (60.81 mm) and Kc (0.27) were observed in early growth period with less than 10% of crown cover. The highest ET (316.22 mm) and Kc (0.60) were found in growth development period with full crown cover. Analysis of variance showed that there was a significant difference ($P < 0.0001$) between the different irrigation treatments in terms of dry matter yield. There was a significant difference for WUE ($P < 0.001$) between different irrigation treatments. Each of different irrigation regimes had a significant difference in yield. The highest yield for each tree was found for the control treatment with 229.36 g and the lowest yield with 57.90 g was observed for 60% deficit irrigation regime. There was no significant difference between control and 30% deficit irrigation treatment in WUE. The value of WUE decreased with increasing the drought stress. In 60% deficit irrigation treatment, WUE was 0.366 g fruit dry weight per liter denoting the significant difference between this irrigation treatment and the others.

**Conclusion:** The results of this study showed that jujube trees were susceptible to drought stress in all four stages of growth, especially the period of growth coinciding with flowering, fruit set and early fruit growth. Hence, jujube trees yield and WUE seem to decrease under drought.

**Keywords:** Deficit irrigation, Fruit, Water requirement, Water use efficiency