



اندازه‌گیری تبخیر تعرق و ضریب گیاهی پسته در منطقه رفسنجان

منصور مؤذن پور کرمانی^۱، اکبر محمدی محمد آبادی^۱، علیرضا بادیه‌نشین^۲، حمیده نوری^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۳

چکیده

با توجه به رشد چشمگیر سطح زیر کشت پسته در ایران و به منظور استفاده بهینه از منابع آب، اطلاع دقیق از نیاز آبی این گیاه ضروری است. آبیاری در سنین ابتدایی رشد (تا ده سال) در استقرار درخت پسته و محصول دهی آن تأثیر به‌سزایی دارد. هدف اصلی اجرای طرح، تعیین میزان تبخیر تعرق درختان پسته از چهار سالگی هم‌زمان با پیوندزنی تا سن نه سالگی هم‌زمان با سن محصول دهی اقتصادی بوده است. این طرح در رفسنجان و در ایستگاه شماره دو مؤسسه تحقیقات پسته کشور، با استفاده از یک لایسیمتر بتنی زهکش‌دار با ابعاد ۹×۶ متر و عمق متوسط ۳/۴ متر انجام شده است. در لایسیمتر و اطراف آن نهال‌های یک‌ساله پسته از رقم بادامی ریز Pistacia vera L کشت شد. مقدار تبخیر تعرق و ضریب گیاهی در هر دور آبیاری ۲۰ روزه در دوره رشد ۸ ماهه پسته با استفاده از اطلاعات لایسیمتری تعیین گردید. تبخیر تعرق نهال پسته در چهار، پنج، شش، هفت، هشت و نه سالگی به ترتیب ۲۲۹۱/۲، ۲۵۰۷/۸، ۲۷۳۹/۴، ۴۵۱۶/۰، ۴۶۰۴/۰ و ۵۶۲۱/۰ مترمکعب در هکتار با مقادیر متوسط K_c برابر با ۰/۱۰۸، ۰/۱۰۴، ۰/۱۱۵، ۰/۱۲۱، ۰/۱۲۸ و ۰/۳۳ به دست آمد. در این تحقیق مقدار متوسط ضریب گیاهی K_c در مراحل پنج‌گانه رشد پسته به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۱۷، ۰/۲۲، ۰/۱۶ و ۰/۱۹ محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پسته، ضریب گیاهی، لایسیمتر

مقدمه

نشست خاک، از بین رفتن اراضی زراعی و خرابی مناطق مسکونی شده است. اقتصاد این منطقه به طور شدید به کشاورزی تک محصولی پسته وابسته است، از طرفی مقاوم بودن درختان پسته به شرایط نامساعد طبیعی، آبی و خاکی باعث توسعه کشت پسته در منطقه شده است. با توجه به روند توسعه باغات پسته در استان‌های کشور و به ویژه در مناطق جدید، یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه باغ‌داران بایستی انجام آبیاری متناسب با تبخیر تعرق گیاه و اجتناب از آبیاری اضافی باشد. از طرفی باید توجه داشت که کاهش در مقدار آبیاری منجر به ضعیف شدن گیاه و کاهش محصول نگردد. بسیاری از باغداران به علت عدم اطلاع از مدیریت صحیح و یا کمبود آب آبیاری، به آبیاری کافی در سنین اولیه رشد چندان اهمیت نداده و آب کمی از را به درختان فاقد محصول و کم سن و سال اختصاص می‌دهند. اما باید یادآور شد که به طور کلی نهال سالم و قوی که در نونهالی با تنش‌های مختلف روبرو نشده باشد، می‌تواند در زمان بلوغ و رسیدن به سن محصول دهی، محصولی مناسب و تقریباً هر ساله داشته باشد. در کشور ایران، استان کرمان با متوسط بارش سالانه ۱۲۹ میلی‌متر با دارا بودن بیش از ۲۱۲ هزار هکتار باغ

افت سطح ایستابی در منابع آب زیرزمینی و تبعات آن یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد بحث است. به منظور حفظ این منابع نیاز به مدیریت در برداشت از آن‌ها و حفظ بیلان مثبت (ورودی بیشتر از خروجی) است. افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و بروز خشکسالی مداوم، امکان تغذیه کافی این منابع را سلب کرده و منجر به کاهش سطح آب در آن‌ها شده است. یکی از مناطق دارای این مشکل، محدوده مطالعاتی رفسنجان است. این منطقه از سال ۱۳۵۳ به عنوان منطقه ممنوعه اعلام شده است ولی برداشت نامناسب از منابع آن باعث افت سالانه ۸۰ سانتی‌متر در سطح آب زیرزمینی این منطقه شده است. در این منطقه کاهش سطح آب زیرزمینی منجر به

^۱ هیئت علمی پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان
^۲ دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران
^۳ استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران
(*نویسنده مسئول: hnoory@ut.ac.ir)

به منظور اجتناب از تنش گیاهی است. میزان تبخیر تفرق معمولاً به صورت میلی‌متر در واحد زمان نشان داده می‌شود و بیان‌کننده مقدار آب از دست رفته از یک سطح کاشته شده بر حسب واحدهای عمق آب است. واحد زمان می‌تواند یک ساعت، یک روز، یک دهه، یک ماه و یا حتی یک دوره کامل رشد یا یک سال باشد (Doorenbos and Pruit, 1977). اندازه‌گیری دو جزء تبخیر تفرق به صورت جداگانه به آسانی امکان‌پذیر نیست و به وسایل خاص و دقیق جهت اندازه‌گیری پارامترهای گوناگون فیزیکی نیاز دارد. یک روش ساده برای تعیین نیاز آبی تعیین ضریب معین براساس تبخیر از تشت تبخیر است. در ایالت کالیفرنیا مقدار ضرایب تشت تبخیر (K_p) جهت تعیین تبخیر - تفرق پسته محاسبه گردید و میزان تبخیر تفرق پسته معادل ۱۰۱۸ میلی‌متر گزارش شد (Goldhamer et al., 1985). در تحقیق مشابه انجام شده در ایران ضریب ۰/۲ را به عنوان ضریب تشت تبخیر در نظر گرفته شد و سازگاری درختان پسته با لوله‌های مختلف آبیاری زیرسطحی با این مقدار آب مصرفی بررسی گردید (Koohestani, 1996). نتایج این تحقیق نشان داد که امکان استفاده از روش آبیاری زیرسطحی برای آبیاری درختان پسته منطقی است ولی به لحاظ مصرف آب آبیاری مقدار آب آبیاری ۲۰ درصد تبخیر از تشت کلاس الف در مقایسه با روش سطحی، سبب افت شدید محصول گردید. در تحقیقی دیگر در مدت پنج سال (۱۳۷۴-۱۳۷۹) مناسب‌ترین میزان آب مصرفی و امکان جایگزینی روش آبیاری غرقابی با آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار گرفت (Moazenpour et al., 2007). در تحقیق آن‌ها دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای با سه مقدار آب آبیاری متناسب با ضرایب تشت تبخیر (K_p) برابر ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ از تشت تبخیر کلاس الف و معادل ۲۵۵۰، ۵۱۱۲ و ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار در سال بررسی شد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که برای آبیاری قطره‌ای استفاده از اطلاعات تشت تبخیر با ضریب تشت تبخیر ۰/۴ تا ۰/۶ می‌تواند برای تعیین تبخیر تفرق استفاده شود. از طرفی عوامل زیادی برای تعیین نیاز آبی وجود دارد که فقط میزان تبخیر از تشت بیان‌گر آن نیست. از این رو در سایر تحقیقات از روش‌هایی با پارامترهای ورودی زیادتر نسبت به تشت تبخیر استفاده شده است. برای اندازه‌گیری تبخیر تفرق در شرایط مزرعه‌ای، دو روش اصلی وجود دارد.

پسته، بیش‌ترین سطح کشت پسته را در خود جای داده است (Iran agricultural statistics, 2015). تولید پسته در این استان یکی از منابع مهم ایجاد درآمد کشاورزان منطقه و اقتصاد ملی محسوب می‌شود و خانوارهای بسیاری به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تولید پسته امرار معاش می‌کنند. آبیاری باغات پسته در استان کرمان اغلب به صورت سطحی است و نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که میانگین راندمان آبیاری سطحی در استان کرمان در یک دوره زمانی ده ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰) ۴۷/۷ درصد بوده است (Ashrafi et al., 2006). راندمان آبیاری پایین و تلاش برای تولید بیشتر محصول باعث برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی و افت زیاد سطح آب زیرزمینی در این منطقه شده است (Mohammadi Mohamad Abadi et al., 2008). به منظور تعیین وضع موجود آبیاری در ۲۸۶ باغ پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان در استان کرمان، میزان آب مصرفی برای این گیاه را تعیین گردید (Abdollahi, Ezzatabadi and Mohammadi Mohammad Abadi, 2014). این تحقیق نشان داد که میزان آب مصرفی این باغ‌ها در یک سال دارای دامنه وسیعی از ۹۷۳ تا ۲۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده است و متوسط این مقدار ۹۷۳۱ مترمکعب تعیین شده است. بررسی فراوانی مصرف آب در هر هکتار باغ پسته نشان داد، بسیاری از باغ‌ها مقدار مصرف آب کم‌تر و بسیاری از باغ‌ها مقدار مصرف آب بیشتر از اندازه بهینه دارند. در تحقیق دیگری به ارزیابی سامانه‌های زیرسطحی اجرا شده در باغات پسته استان کرمان (مطالعه موردی شهرستان سیرجان) پرداخته شد (Koochi, 2015). در مزارع مورد بررسی میزان آب مصرفی طیف وسیعی داشته که حدود ۴۶۰۰ تا ۱۰۵۰۰ مترمکعب در هکتار برای یک سال بوده است. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در هر باغ پسته مقادیر کاملاً متفاوتی آب در هکتار مصرف می‌شود که بعضی بسیار زیاد و بعضی بسیار کم است. در این زمینه عوامل زیادی تأثیرگذار است ولی اطلاع از مقدار نیاز آبی تأثیر بسزایی در استفاده از مقدار بهینه آب خواهد داشت. از این‌رو به منظور استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی در مناطق تحت کشت پسته، نیاز به اطلاع دقیق از نیاز آبی پسته است که این امر مستلزم انجام تحقیق دقیق در این رابطه است. مقدار نیاز آبی گیاهان برابر با مقدار آب در دسترس گیاه برای تبخیر تفرق

با استفاده از تصویر سنجنده MODIS (دقت ۲۵۰ متر در ۲۵۰ متر) در منطقه اردکان استان یزد پرداختند و میزان تبخیرتغرق گیاه پسته طبق ضرایب پیشنهادی فائو ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر و مقدار تبخیرتغرق واقعی پسته با روش سبال ۱۱۳۳ میلی‌متر به دست آمد. مقایسه دو روش نشان از تفاوت معنی‌دار بین میزان برآورد ضرایب فائو و عمق آب آبیاری پسته در منطقه اردکان است. این محققین در این زمینه شرایط اقلیمی حاکم بر هر منطقه، عوامل دیگر نظیر سن درختان، نحوه آرایش آن‌ها، مدیریت باغات و برنامه آبیاری آن‌ها را مؤثر در تفاوت دانستند. ضرایب گیاهی در هر منطقه و براساس شرایط اقلیمی متفاوت هستند، در ایران مقدار ضریب گیاهی پسته را از ۰/۴ تا ۰/۶ تعیین شده است (Farshi et al., 1997). این در حالی است که ضرایب ارائه شده فائو دارای محدوده عددی ۰/۷ تا ۱/۱۹ می‌باشند. این ضرایب بسیار کم‌تر از ضرایب ارائه شده توسط فائو بوده و از این رو استفاده از ضرایب فائو در ایران باعث خطا و بیش برآورد تبخیرتغرق می‌گردد. مهم‌ترین موضوع در این زمینه محاسبه دقیق ضرایب گیاهی در طول دوره رشد پسته شامل مراحل و سنین مختلف رشد آن است. همان‌گونه که بیان گردید کشت پسته به عنوان یک محصول اقتصادی و مقرون به صرفه در مناطق جدید در ایران در حال توسعه است. طبق نظر محققین درختان جوان نباید دچار کمبود آب شوند و از طرفی درخت پسته تحمل غرقاب را ندارد (Kirnak et al., 2001). از این‌رو انجام یک پژوهش به منظور تعیین دقیق تبخیرتغرق گیاه پسته در طول رشد آن و با در نظر گرفتن K_c ضرورت دارد. هدف از این تحقیق تعیین تبخیرتغرق گیاه پسته به صورت لایسیمیتری در مراحل مختلف رشد از چهار تا نه سالگی در منطقه رفسنجان به عنوان نماینده منطقه کشت پسته در استان کرمان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این طرح در ایستگاه شماره دو مؤسسه تحقیقات پسته کشور واقع در شمال غربی رفسنجان، با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و یک دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی اجرا گردید. ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه از سطح دریا ۱۴۴۰ متر است که موقعیت آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

روش اول روش بیلان آب خاک است؛ در این روش تمام ورودی‌ها و خروجی‌های آب به خاک اندازه‌گیری می‌شود که به عنوان یک روش استاندارد و متداول محسوب می‌شود. اما، در مورد درختان و باغات میوه با برخی مشکلات همراه است. اول اینکه تفاوت در سیستم ریشه در نقاط مختلف یک باغ سبب می‌شود تا الگوی جذب آب توسط گیاه نیز متفاوت شود (Dastorani et al. 2012). دوم اینکه توزیع مکانی متغیر آب، باعث می‌شود تا نتوان با تعداد معدودی از نمونه‌برداری دستی به اجزای معادله بیلان آبی دست یافت و نیاز به استفاده از فناوری‌های جدید و صرف هزینه باشد. از این‌رو این روش به نیروی کارگری زیادی احتیاج دارد و با تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات خاک به ویژه در اعماق پایینی ریشه خطاهای نمونه‌برداری زیادی را ایجاد می‌کند. روش دوم روش لایسیمیتری بوده که گران قیمت اما دارای دقت بیشتر است (Kirnak et al., 2001). در لایسیمتر پس از رسیدن به تعادل آبی در خاک می‌توان تبخیرتغرق گیاه (ET_c) را تعیین نمود. پس از مقایسه این مقدار با تبخیرتغرق مرجع (اغلب چمن) (ET_o) می‌توان نسبت ET_c به ET_o را که ضریب گیاهی (K_c) نامیده می‌شود به دست آورد. سپس در زمان مورد نیاز با تعیین تبخیرتغرق گیاه مرجع و ضرب در مقدار ضریب گیاهی می‌توان به میزان تبخیرتغرق گیاه مورد نظر در منطقه دست یافت. پس از ایران ایالت کالیفرنیا با دارا بودن ۱۱۹ هزار هکتار سطح کشت پسته (USDA, 2015) بزرگ‌ترین تولید کننده پسته است و در زمینه آبیاری پسته تحقیق‌های متعددی انجام داده است. در ایالت کالیفرنیا ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه پسته را به دست آورد که دارای محدوده عددی ۰/۷ تا ۱/۱۹ است و مبنای ضرایب ارائه شده توسط فائو است (Goldhamer, 1995). در این کشور تحقیق‌های دیگری برای پیشنهاد کم آبیاری برای پسته و اثر آن انجام شده است. در تمام این تحقیق‌ها نتیجه گرفته شد که تبخیرتغرق به دست آمده براساس ضرایب گیاهی ارائه شده در فائو بالا بوده و می‌توان بدون تأثیر قابل توجه بر عملکرد گیاه در مراحل از رشد پسته کم آبیاری اعمال کرد (Goldhamer, 2005; Guerrero et al. 2005; Iniesta et al. 2008; Testi et al. 2008). در ایران (Dastorani et al., 2012) به برآورد میزان تبخیرتغرق واقعی پسته با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور (الگوریتم سبال) و

قلوه سنگ، شن بادامی و سنگریزه به ضخامت ۷۰ سانتی‌متر جهت زهکشی بهتر قرار داده شد و سپس به صورت مرحله‌ای مطابق پروفیل خاک اطراف، به عمق ۲/۷ متر از خاک پر شد. جهت کنترل فشردگی لایه‌های خاک، در زمان خاک‌برداری و خاک‌ریزی مجدد، وزن مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری و پس از قرار گرفتن هر لایه در محل خود، در صورت لزوم خاک کوبیده شد. به منظور نشست کامل خاک داخل لایسیمتر، قبل از کاشت، دو نوبت به صورت سنگین آبیاری شد. به منظور از بین بردن شرایط واحه‌ای در اراضی اطراف لایسیمتر هم‌زمان با کاشت درختان درون لایسیمتر، یک هکتار باغ پسته همگون با شرایط مشابه آن‌ها در بیرون لایسیمتر نیز ایجاد گردید. عملیات کوددهی درختان با توجه به آزمایشات خاک در زمستان در شیارهای کودی به فاصله و عمق ۵۰ سانتی‌متر در یک طرف ردیف درختان، کود حیوانی (هر اصله حدود ۱۰ کیلوگرم) و کود فسفات آمونیوم با استفاده از فرمول (N-P-K) به درختان داخل و خارج لایسیمتر داده شد. آبیاری‌های سنگین زمستانه نیز هر ساله پس از کوددهی انجام گردید. در اوایل و اواسط فصل رشد در سال‌های اجرای طرح پس از استقرار کامل نهال‌ها، از کود سولفات آمونیوم به عنوان سرک (در دو نوبت) قبل از آبیاری استفاده شد. در طول سال‌های اجرای طرح سایر عملیات داشت از قبیل هرس پاجوش‌ها، شخم و تیلر کردن و حذف علف‌های هرز در صورت لزوم در کلیه ردیف‌ها به صورت یکنواخت انجام گردید. نهال‌ها از پایه اهلی (بادامی ریز) و پیوندک‌ها در طول چهار سالگی از وارپته فندقی انتخاب و هم‌زمان روی پایه‌های داخل و خارج لایسیمتر پس از سربرداری پیوند شد.

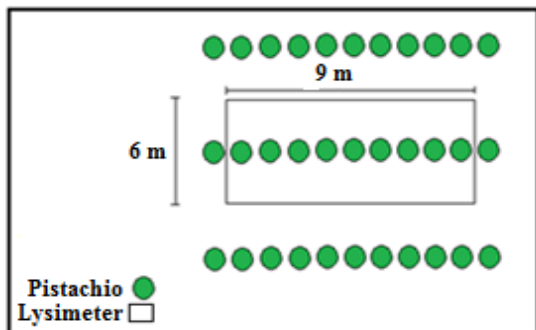


Figure 2- Location of trees in lysimeter

شکل ۲- کروکی قطعه آزمایشی و نحوه‌ی قرار گرفتن درختان در لایسیمتر

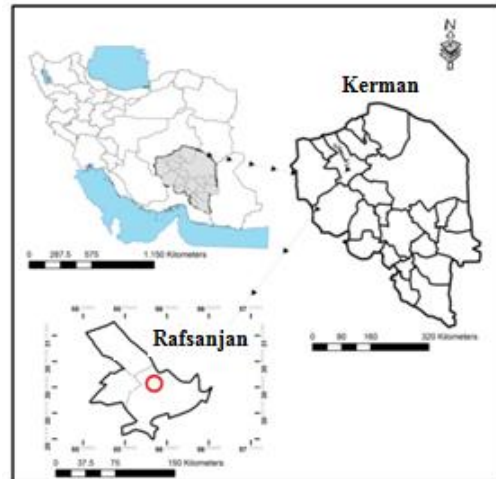


Figure 1- Rafsanjan city and study area

شکل ۱- موقعیت شهرستان رفسنجان و منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی رفسنجان دارای اقلیم خشک با میانگین بارش سالانه ۹۰ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالانه ۳۴۳۶ میلی‌متر است. به منظور بررسی تغییرات اطلاعات هواشناسی در دوره پژوهش، پارامترهای هواشناسی شامل متوسط دمای هوای سالانه، مجموع بارش سالانه و متوسط سرعت باد سالانه در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1- Meteorological parameters during the research period

جدول ۱- تغییرات پارامترهای هواشناسی در مدت پژوهش

Year of growth	Annual precipitation (mm)	Annual temperature (°C)	Wind speed (Knots)
4	102.8	17.8	7.4
5	115.3	18.3	7.4
6	54.8	19.2	7.7
7	116	19	7.4
8	52.5	18.9	9.1
9	86.4	19.3	10
Average	88	18.7	8.2

روش کار

همان‌طور که قبلاً ذکر شد آزمایش با هدف تعیین تبخیرتعرق گیاه پسته با روش لایسیمتری انجام گردید. این آزمایش با استفاده از یک دستگاه لایسیمتر بتونی زهکش‌دار با ابعاد ۹×۶ متر (سطح مقطع ۵۴ مترمربع)، عمق متوسط ۳/۴ متر و با شیب دو درصد پیاده شد. اطراف لایسیمتر یک هکتار باغ پسته کشت گردید، به نحوی که یک ردیف درخت پسته به تعداد نه درخت درون لایسیمتر قرار گرفت (شکل ۲ و ۳). بافت خاک محل اجرای طرح، متوسط (لومی شنی) و به صورت مطبق بوده است. در کف لایسیمتر، زهکش‌های افقی و نیز لایه‌ای از

داخل لایسیمتر به دست آمد. مقدار زه‌آب (آب خروجی از ناحیه توسعه ریشه‌ها) روزانه با ظروف مدرج در محفظه زیرزمینی کنار لایسیمتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تبخیرتغرق مرجع از لایسیمترهای فلزی چمن در مجاورت لایسیمتر پسته استفاده و آبیاری در آن‌ها به صورت روزانه و سطحی انجام گردید (شکل ۳). تبخیرتغرق مرجع ET_0 با استفاده از آب مصرفی در لایسیمترهای چمن تعیین و طبق آن ضریب گیاهی پسته (K_c) از معادله ۱ در هر دور آبیاری محاسبه شد.

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

K_c مربوط به هر دور آبیاری در دوره رشد محاسبه گردید. مدت آبیاری پسته ۲۴۰ روز و شامل پنج مرحله اصلی رشد در نظر گرفته شد (جدول ۲). مقدار تبخیرتغرق در هر دور آبیاری ۲۰ روزه اندازه‌گیری شد و میزان تبخیرتغرق در یک دوره ۸ ماهه (از ابتدای سال با جمع مقادیر تبخیرتغرق درختان در ۱۲ دور آبیاری) به دست آمد. این مقادیر برای سال چهارم رشد (اولین سال پس از اتمام پیوند زنی) تا سال نهم رشد (شروع بارآوری اقتصادی پسته) به تفکیک محاسبه گردید.

Table2- Growing stage of pistachio in 20 day periods

جدول ۲- مراحل رشد و مراحل رشد گیاه پسته در دوره‌های

۲۰ روزه آبیاری

Growing Stage	Approximate Phonology	Start day	Growing day
Stage 1	Bloom	Mar 20	20
	Leaf out	Apr 10	40
Stage 2	Shell Expansion	May 1	60
	Shell Hardening	May 20	80
	Shell Hardening	June 10	100
Stage 3	Nut Filling	July 1	120
	Nut Filling	July 20	140
	Shell Splitting	Aug 10	160
	Hull Slip	Sept 1	180
Stage 4	Harvest	Sept 20	200
Stage 5	Postharvest	Oct 10	220
	Postharvest	Nov 1	240

نتایج و بحث

اندازه‌گیری تبخیرتغرق و تعیین ضریب گیاهی برای سال چهارم رشد (اولین سال پس از اتمام پیوند زنی) تا سال نهم رشد (شروع بارآوری اقتصادی پسته) انجام گردید. نتایج به دست آمده به صورت نمونه برای نهال چهار ساله و سربرداری و پیوند شده در جدول ۳ و برای نهال نه ساله استقرار یافته و بارور در جدول ۴ آورده شده است. در

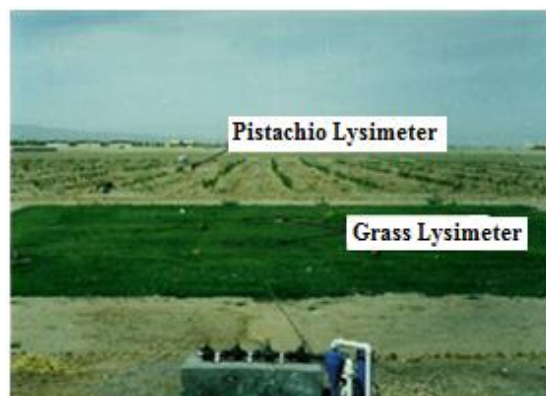


Figure 3- Location of grass and pistachio lysimeters
شکل ۳- موقعیت قرارگیری لایسیمتر چمن در کنار باغ پسته و لایسیمتر پسته

از این رو شروع محاسبات تعیین تبخیرتغرق گیاه پسته از سال چهارم به بعد شروع شد و تا سال نهم کشت که هم‌زمان با شروع محصول بیشینه است ادامه داشت. مقدار تبخیرتغرق گیاه برابر با تفاضل آب ورودی و خروجی از لایسیمتر به اضافه میزان تفاوت رطوبت خاک در بازه اندازه‌گیری (تغییرات رطوبت ضرب در عمق ریشه) در نظر گرفته می‌شود. به طور معمول، در زمان‌های آبیاری رطوبت خاک در اعماق و در محل‌های مختلف لایسیمتر اندازه‌گیری می‌شود. انجام نمونه برداری دستی برای تعیین رطوبت خاک به دلیل خشکی زیاد خاک بسیار دشوار است و موجب تغییر رژیم جریان آب در لایسیمتر می‌شود. به علت عدم دسترسی به دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک در محل و همچنین با توجه به اینکه با طولانی بودن دور آبیاری، رطوبت خاک در انتهای دوره‌های آبیاری به صورت تقریباً یکسان پایین است، از تغییرات رطوبت خاک در دوره‌های آبیاری چشم‌پوشی شده است. دور آبیاری در طرح فوق مشابه با مناطق کشت پسته (متوسط ۲۰ تا ۴۰ روز) ۲۰ روزه در نظر گرفته شده است. مقدار آب داده شده به لایسیمتر در هر دور آبیاری (۲۰ روزه) با کنتور حجمی اندازه‌گیری گردید. آبیاری به صورت سطحی و یکباره بر روی لایسیمتر انجام گردید. از این رو مقدار آبیاری در تمام زمان‌های آبیاری به صورت تقریباً یکسان و برابر با گنجایش حداکثری خاک (تفاوت رطوبت اشباع و خاک خشک) در نظر گرفته شد تا کم‌ترین اثر تنش خشکی بر درخت وارد شود. با محاسبه تفاوت ما بین مقدار آب داده شده به لایسیمتر (اعم از آبیاری و یا بارندگی مؤثر) و آب خروجی (آب اندازه‌گیری شده از زهکش)، در هر دور آبیاری، مقدار تبخیرتغرق درختان

ساله نشان می‌دهد که میزان تبخیر تعرق از ابتدای رشد تا دوره ۲۰ روزه ششم (۱۰ تیر تا ۳۱ تیر) افزایش می‌یابد و پس از آن کاهش نسبتاً زیادی پیدا می‌کند که این کاهش پس از پر شدن مغز پسته رخ می‌دهد (جدول ۳ و ۴).

جدول‌های ۳ و ۴ براساس میزان تبخیر تعرق گیاه پسته و تبخیر تعرق مرجع، میزان ضریب گیاهی پسته و میزان تبخیر تعرق برای دوره‌های ۲۰ روزه تعیین شده است. روند تغییرات زمانی تبخیر تعرق درختان پسته چهار ساله تا نه

Table 3- References and crop evapotranspiration for fourth growing year
جدول ۳- میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع و پسته و ضریب گیاهی در دوره های مختلف در طول سال چهارم

Irrigation number	Phonological Stage	Growing day	K _c	ET _o	ET _c (daily) (mm day ⁻¹)	ET _c (mm 20 day ⁻¹)
1	Bloom	20	0.12	7.6	0.92	18.4
2	Leaf out	40	0.09	8.3	0.78	15.6
3	Shell Expansion	60	0.08	7.5	0.59	11.8
4	Shell Hardening	80	0.07	14.5	1.03	20.6
5	Shell Hardening	100	0.109	8.9	0.97	19.4
6	Nut Filling	120	0.148	15.1	2.24	44.8
7	Nut Filling	140	0.137	11.05	1.52	30.4
8	Shell Splitting	160	0.105	11.05	1.27	25.4
9	Hull Slip	180	0.075	8.3	0.622	12.44
10	Harvest	200	0.061	7.8	0.475	0.5
11	Postharvest	220	0.113	4.25	0.480	9.6
12	Postharvest	240	0.186	3.0	0.559	11.18

Table 4- References and crop evapotranspiration for ninth growing year
جدول ۴- میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع و پسته و ضریب گیاهی در دوره های مختلف در طول سال نهم

Irrigation number	Phonological Stage	Growing day	K _c	ET _o	ET _c (daily) (mm day ⁻¹)	ET _c (mm 20 day ⁻¹)
1	Bloom	20	0.35	6.1	2.13	42.6
2	Leaf out	40	0.32	7.25	2.32	46.4
3	Shell Expansion	60	0.32	8.5	2.72	54.4
4	Shell Hardening	80	0.31	9.05	2.8	56
5	Shell Hardening	100	0.29	9.55	2.77	55.4
6	Nut Filling	120	0.39	10.25	4	80
7	Nut Filling	140	0.36	8.15	2.93	58.6
8	Shell Splitting	160	0.35	6.55	2.29	45.8
9	Hull Slip	180	0.31	6.05	1.87	37.4
10	Harvest	200	0.30	6.35	1.9	38
11	Postharvest	220	0.30	5.3	1.59	31.8
12	Postharvest	240	0.30	2.65	0.795	15.9

خاتمه خواب زمستانه و افزایش ناگهانی مصرف آب مورد نیاز، آب مصرفی و ضریب گیاهی افزایش می‌یابد. تغییرات K_c برای دوره رشد نهال پسته چهارساله تا نه ساله در جدول ۵ ارائه شده است. بررسی نتایج نشان داد که کم‌ترین مقدار K_c نهال پسته برای نهال چهار ساله و سربرداری و پیوند شده برابر با مقدار ۰/۰۶۱ در دوره ۲۰ روزه دهم به دست آمد (جدول ۵). K_c متوسط سالیانه نیز در سال‌های چهارم، پنجم، ششم، هفتم و هشتم رشد به ترتیب مقادیر ۰/۱۰۷، (با مقدار حداکثر ۰/۱۴۸)، ۰/۱۰۴، (با مقدار حداکثری ۰/۱۵۷)، ۰/۱۵۴، (با مقدار حداکثری معادل ۰/۲۱)، ۰/۲۱، (با حداکثر مقدار ۰/۲۷) و ۰/۲۷ (با مقدار حداکثر ۰/۳۳) محاسبه گردید.

دوره ۲۰ روزه ششم علاوه بر مرحله پر شدن مغز پسته مصادف با گرمای شدید هوا در این زمان است. از این رو نتیجه می‌شود مهم‌ترین مرحله از نظر آبیاری این مرحله است. در تحقیق Goldhamer (2005) نیز اهمیت آبیاری و حساسیت پسته به کم آبیاری در مرحله پر شدن مغز پسته بیان شده است و پیشنهاد کم آبیاری در مرحله برداشت و پس از برداشت بیان شده است. نتایج جدول ۳ و ۴ نیز کاهش مصرف آب در مراحل بعد از برداشت را نشان می‌دهد؛ در نتیجه پس از برداشت محصول می‌توان مقدار عمق آبیاری را کاهش داد. از آنجا که مقدار آبیاری در اکثر مناطق ثابت است می‌توان فاصله آبیاری را افزایش داد. در دوره ۲۰ روزه اول (مرحله گلدهی) نیز به دلیل

و ۲۷۳۹/۴ متر مکعب در هکتار در سال و تبخیرتغرق در سنین هفت، هشت و نه سالگی به ترتیب معادل ۴۵۱۶/۰، ۴۶۰۴/۰ و ۵۶۲۱/۰ متر مکعب در هکتار در سال به دست آمد. تفاوت زیاد این مقادیر با مقادیر پیشنهادی تحقیق مشابه این مورد را تأکید می‌کند که نمی‌توان برای تعیین آب مورد نیاز درختان زیر ده سال از درصد خاصی از نیاز آبی گیاه بالغ استفاده کرد. از این رو باید میزان آن طبق سن درخت با استفاده از ضرایب گیاهی ارائه شده در هر سن و هر دوره آبیاری تعیین گردد. به منظور بررسی ضرایب گیاهی پسته در مراحل مختلف رشد، متوسط مقدار این ضریب برای مراحل پنج‌گانه در مدت شش سال پژوهش محاسبه و در جدول ۶ آورده شده است.

Table 6- Crop coefficient of pistachio in 20 day periods and growing stages

جدول ۶- ضرایب گیاهی پسته بر اساس مراحل پنج‌گانه رشد

Irrigation number	Approximate Phenology	Growing day	20 day periods	Growing Stage
1	Bloom	20	0.22	
2	Leaf out	40	0.19	0.2
3	Shell Expansion	60	0.18	
4	Shell Hardening	80	0.17	0.17
5	Shell Hardening	100	0.17	
6	Nut Filling	120	0.25	
7	Nut Filling	140	0.22	0.22
8	Shell Splitting	160	0.22	
9	Hull Slip	180	0.18	
10	Harvest	200	0.16	0.16
11	Postharvest	220	0.19	0.19
12	Postharvest	240	0.19	

جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین میزان ضریب گیاهی در مرحله سوم رشد (پر شدن و خندان شدن مغز پسته) برابر ۰/۲۲ به دست آمد. کمترین ضریب گیاهی در دو مرحله دوم (استخوانی شدن پوست) برابر ۰/۱۷ و مرحله چهارم (برداشت) برابر ۰/۱۶ به دست آمده است. Goldhamer (2005) بیان کردند که امکان کاهش ضریب گیاهی فائو در این دو مرحله بدون اثر بر عملکرد محصول وجود دارد که تأییدی بر نتایج این تحقیق است.

نتیجه‌گیری

مقدار بیشینه مصرف آب مشابه با سایر تحقیقات مربوط به دوره ۲۰ روزه ششم (۱۰ تیر تا ۳۰ تیر) به دلیل گرمای شدید هوا در این زمان و شروع مرحله پر شدن مغز پسته است. از این رو نتیجه می‌گیریم مهم‌ترین مرحله از نظر آبیاری مرحله پر شدن مغز پسته (مرحله سوم رشد) است. کم‌ترین ضریب گیاهی در دو مرحله دوم (استخوانی شدن

Table 5- Crop coefficient of pistachio in forth to ninth year

جدول ۵- تغییرات K_c برای دوره رشد نهال چهار تا نه ساله

Irrigation Number	Growing Day	Forth Year	Fifth Year	Sixth Year	Seventh Year	Eighth Year	Ninth Year
1	20	0.12	0.13	0.18	0.24	0.298	0.35
2	40	0.09	0.104	0.16	0.21	0.27	0.32
3	60	0.08	0.09	0.14	0.2	0.26	0.32
4	80	0.07	0.08	0.13	0.19	0.25	0.31
5	100	0.109	0.119	0.11	0.17	0.23	0.29
6	120	0.148	0.157	0.21	0.27	0.33	0.39
7	140	0.137	0.118	0.19	0.24	0.3	0.36
8	160	0.105	0.135	0.18	0.24	0.3	0.35
9	180	0.075	0.092	0.14	0.2	0.26	0.31
10	200	0.061	0.062	0.12	0.18	0.24	0.30
11	220	0.113	0.088	0.16	0.2	0.26	0.30
12	240	0.186	0.07	0.13	0.19	0.25	0.30

حداکثر مقدار K_c مربوط به سال نهم برای نهال استقرار یافته و بارور و معادل متوسط ۰/۳۲۵ (با حداکثر مقدار ۰/۳۹ مربوط دوره ۲۰ روزه ششم) به دست آمد (جدول ۵). مقدار حداکثر ضریب گیاهی در دو تحقیق در مرحله رشد مشابه با تحقیق حاضر به دست آمده است که نشان می‌دهد روند زمانی مصرف آب در این تحقیق‌ها یکی بوده است. این مقدار در تحقیق (Farshi et al., 1997) و فائو (Goldhamer, 1995) متفاوت به ترتیب برابر با ۰/۶ و ۱/۱۹ به دست آمده است. مقدار حداکثری این تحقیق و تحقیق اول نزدیک به هم بوده است و تفاوت اندک در مقدار آن به دلیل تفاوت در سن گیاهان مورد بررسی در این تحقیق است. به گونه‌ای که گیاهان مورد بررسی در این تحقیق زیر ده سال سن دارند و در تحقیق (Farshi et al., 1997) بالای ده سال سن دارند. دلیل اختلاف زیاد در مقدار ضریب حداکثری فائو با این تحقیق تفاوت در اقلیم، خاک، رقم گیاه و نوع مدیریت آبیاری است. با افزایش سن درخت، افزایش ضریب گیاهی خطی نبوده و تغییرات آن در هر دوره آبیاری متفاوت است. در بعضی از دوره‌های آبیاری، تفاوت مقدار ضریب گیاهی در سنین مختلف با نه سالگی کم و بعضی دوره‌ها زیاد بوده است. در نتیجه نمی‌توان تبخیرتغرق برای سنین اولیه رشد را با توجه به اهمیت ویژه آن، برابر ضریب خاصی نسبت به سال نهم در نظر گرفت. در تحقیق مشابه تبخیرتغرق در بازه‌های سه ساله سنین ۳-۶ و ۶-۹ سال برابر ۶۲۶۳ و ۸۱۰۴ مترمکعب در هکتار به دست آمده است (Farshi et al., 1997). در تحقیق حاضر متوسط تبخیرتغرق نهال پسته در چهار، پنج و شش سالگی به ترتیب ۲۲۹۱/۲، ۲۵۰۷/۸

sensing. Journal of Water Research in Agriculture, 26(1): 1-12. (In Farsi)

Doorenbos, J., Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 24. Rome Italy.

Farshi, A., Shariati, M., Jarallahi, R., Ghaemi, M., Shahabi, F., Tolayi, M. 1997. Estimated Water Requirements for Major Crop and Garden Plants, Volume II - Garden Plants. Soil and water research institute, Agricultural education publication, 630 Pages. (In Farsi).

Goldhamer, D. A., Kjelgren, R. K., Williams, L., Beede, R. 1985. Water use requirements of pistachio trees and response to water stress. In National conference on advances in evapotranspiration, Hyatt Regency Chicago, Ill. (USA), 16-17 Dec 1985. American Society of Agricultural Engineers, p: 85- 92.

Goldhamer, D. A. 1995. Irrigation management. In Pistachio Production. Ed. L. Ferguson. Center for fruit and nut research and information, Davis, CA: 71-81.

Goldhamer, D. A. 2005. Tree water requirements and regulated deficit irrigation. Pistachio Production Manual. 4th Ed. Ferguson L. University of California, Davis.

Guerrero, J., Moriana, A., Perez-Lopez, D., Couceiro, J. F., Olemedilla, N., Gijon, M. C. 2005. Regulated deficit irrigation and the recovery of water relations in pistachio trees. Tree physiology, 26(1): 87-92.

Iniesta, F., Testi, L., Goldhamer, D. A., Fereres, E. 2008. Quantifying reductions in consumptive water use under regulated deficit irrigation in pistachio (*Pistacia vera* L.). Agricultural Water Management, 95(7): 877- 886.

Kirnak, H. B., Ak. E., Acar, I. 2001. Irrigation and Irrigation Management Strategies of Pistachio Orchards, XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds. Zaragoza: CIHEAM: 271-278.

Koohestani, S. 1996. Investigating the possibility of underground irrigation on pistachio trees. Irrigation and drainage, University of Tehran. (In Farsi).

Koohi, N. 2015. Evaluation of subsurface systems implemented in pistachio gardens in Kerman province (Sirjan region). Final report project, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kerman Province, Project number: 94/340, 91 pages. (In Farsi)

Moazenpour Kermani, M., Mohammadi Mohammad Abadi, A., Azad, A., Mehdizadeh S., Mohammadi, N. 2007. Investigating the effect of irrigation system changes from surface to droplet on pistachio trees .Final report project, Iran's pistachio research institute, Rafsanjan, Project number: 0-06-06-90001, 42 page. (In Farsi)

پوست) و مرحله چهارم (برداشت) به دست آمده است که با تحقیق‌های مشابه تطابق دارد. نتایج نشان داد که تغییرات K_c در طول زمان کاملاً غیر خطی است و به سن گیاه بستگی دارد. از این رو نمی‌توان برای تعیین آب مورد نیاز درختان زیر ده سال از درصد خاصی از نیاز آبی گیاه بالغ استفاده کرد و باید میزان آن با استفاده از ضرایب گیاهی ارائه شده در هر سن و هر دوره آبیاری تعیین گردد. تبخیر تعرق نهال پسته در چهار، پنج، شش، هفت و هشت سالگی به ترتیب $۰/۲۸$ ، $۰/۲۱$ ، $۰/۱۵$ ، $۰/۱۰۴$ ، $۰/۱۰۸$ و $۰/۱۰۸$ مترمکعب در هکتار با K_c های متوسط $۴۶۰۴/۰$ و $۴۵۱۶/۰$ متر مکعب در هکتار با K_c متوسط $۰/۳۳$ در همان سال تعیین گردید. نتایج این تحقیق در عرصه‌های نهال کاری هم قابل استفاده است تا ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب از بروز تنش به نهال تا رسیدن به سن تولید اقتصادی احتراز شود.

سیاسگزاری

این طرح در بخش تحقیقات آبیاری و تغذیه پژوهشکده پسته رفسنجان با حمایت موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی با شماره مصوب پروژه ۷۱۹۱-۰۰۰-۰۰۰-۰۰۰-۲۲۰۰۰-۱۱۵-۲ انجام شده است. در اینجا لازم است از تمامی کسانی که در ارتباط با این پژوهش به نحوی همکاری داشته‌اند صمیمانه تشکر گردد.

منابع

Abdollahi Ezzatabadi, M., Mohammadi Mohammad Abadi, A. 2014. Investigation of optimal economic water/land ratio in pistachio production areas in Anar and Rafsanjan townships. Final report project, Iran's pistachio research institute, Rafsanjan, Project number: 0-06-06-90001, 42 pages. (In Farsi)

Ashrafi, S., Afshar, H., Tajik, F., Heydari, N., Abbasi, F., Naderi, N., Niknejhad, D., Yargholi, B. 2006. A decade of effort by the Agricultural engineering research institute. Publication of agricultural engineering research institute, Karaj. 420 p. (In Farsi)

Iran agricultural statistics. 2015. Ministry of agriculture - Jahad. (In Farsi)

Dastorani, M. T., Mohammadi, S., Rahimian, M. 2012. Estimation of evapotranspiration of pistachio gardens in Ardakan region by remote

Testi, L., Goldhamer, D. A., Iniesta, F., Salinas, M. 2008. Crop water stress index is a sensitive water stress indicator in pistachio trees. *Irrigation science*, 26(5): 395-405.

USDA. 2015. crop year. United States Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service. 15 p.

Mohammadi Mohammad Abadi, A., Hosseinifard, S.J., Sedaghati, N. 2008. Comparing effects of surface and subsurface drip irrigation system on growth and yield on mature pistachio trees. *Journal of Water and Soil (Agricultural science and technology)*, 26(3): 575 - 585. (In Farsi)

Measurement of evapotranspiration and crop coefficient of pistachio trees in Rafsanjan region

M. Moazenpour Kermani¹, A. Mohammadi Mohammad Abadi¹, A. Badiheshin², H. Noory^{3*}

Received: 27/12/2016

Accepted: 05/10/2017

Abstract

Considering the significant increase of pistachio cultivation area in Iran and lack of water resources, accurate determination its water requirement is necessary. Since irrigation in the initial stages of pistachio is essential for adequate tree establishment, the main objective of this study was to measure the evapotranspiration of pistachio trees (ET_c) between four to nine years of age, when the economical yields is achieved. This study was conducted in Rafsanjan Pistachio Research Institute station using a cubic concrete drainage lysimeter with a 54 m^2 surface area ($6 \text{ m} \times 9 \text{ m}$) and a depth of 3.4 m. One-year old seedlings of *Pistacia vera* L. were cultivated inside and surrounding of the lysimeter. The amount of evapotranspiration and crop coefficient (K_c) was measured every 20-days during the eight-month growing season of pistachio using lysimetric data. For the young trees For the young trees from four to nine years of age, the amount of seasonal evapotranspiration was 2291.2, 2507.8, 2739.4, 4516.0, 4604.0 and 5621.0 cubic meters per hectare with the mean K_c values of 0.108, 0.104, 0.15, 0.21, 0.28 and 0.33, respectively. The mean K_c coefficients of pistachio in five growth stages were determined as 0.2, 0.17, 0.22, 0.16 and 0.19, respectively.

Keywords: Crop coefficient, Irrigation, lysimeter, Pistachio, Iran



¹ Members of Pistachio Research Institute, Horticultural Science Research Institute (HSRI), Agricultural Research Organizations, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

² Ph. D. Student of Irrigation and Drainage engineering, Irrigation & Reclamation Dept. Faculty of Agriculture Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Assistant Professor of Irrigation and Reclamation Department, Faculty of Agriculture Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

(*Corresponding author email address: hnoory@ut.ac.ir)

DOI: 10.22125/AGMJ.2018.59723