Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۲/ شماره ۱/ پیاپی ۲۸/ بهار ۱۳۹۷ (۴۳-۵۱)

تعیین نیاز آبی دو رقم تجاری انار (ملس یزدی و ساوه) در سیستم آبیاری موضعی (مطالعه موردی شرایط اقلیمی یزد)

علی بافکار[1*]، مصیب کریمی[2] و محمدهادی راد[3]

چکیده

پایش رطوبت خاک و داده هواشناسی، به طور هم‌زمان روشی مطمئن برای تعیین آب مورد نیاز و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه است. این پژوهش، به منظور تعیین نیاز آبی دو رقم تجاری انار(ملس یزدی و ملس ساوه) و همچنین تأثیر سطح‌های مختلف آبیاری روی عملکرد محصول تولیدی در سطح یک هکتار از باغ‌های چهارساله انار انجام شده است. این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل با پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری I1، I2، I3 شامل آبیاری کامل (FC)، ۲۵ و ۵۰ درصدکم آبیاری در سه تکرار انجام شد. به‌منظور تحلیل سطح‌های مختلف آبیاری و همچنین تعیین مقدار آب آبیاری در هر دور، درصد رطوبت حجمی خاک به‌وسیله دستگاه TDR (مدل TRIME_FM) اندازه‌گیری شد. با محاسبه میزان آب مصرف شده در پایان فصل رشد در هر یک از سطح‌های آبیاری، مشخص شد که برای سه سطح آبیاری I1، I2، I3 به‌ترتیب ۳۷۴۴/۴۴، ۲۷۸۳/۱، ۱۸۷۳/۱ مترمکعب در هکتار آب مصرف شده است. تغییرات آب مصرف شده در تیمار I1 در طول فصل رشد از ۰/۶ تا ۲/۴۳ میلی‌متر بر روز بوده است. نتایج تجزیه واریانس عملکرد محصول نشان داد که سطح‌های آبیاری I1 و I2 در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار با I3 بودند.

واژه‌های کلیدی: انار، آبیاری موضعی، پایش رطوبت، داده هواشناسی، یزد.

ارجاع: بافکار ع. کریمی م. و راد م.ه. ۱۳۹۷. تعیین نیاز آبی دو رقم تجاری انار (ملس یزدی و ساوه) در سیستم آبیاری موضعی (مطالعه موردی شرایط اقلیمی یزد). مجله پژوهش آب ایران. ۲۸: ۴۳-۵۱.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۲- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۳- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد.
*** نویسنده مسئول: alibafkar@yahoo.com**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مدیریت صحیح آبیاری بر برآورد دقیق آب مورد نیاز گیاهان استوار است (فرشی وهمکاران، ۱۳۸۲). از جمله دلایل وجود خطا در برآورد نیاز آبی گیاهان، ناآگاهی طراحان از مسایل کشاورزی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در رابطه با مصرف آب و عدم انتخاب روش مناسب تخمین نیاز آبی گیاهان است (شهابی‌فر و همکاران، ۱۳۸۳). سیستم‌های آبیاری موضعی یا قطره‌ای فقط قسمتی از خاک اطراف ریشه را مرطوب می‌کند وگیاه نیز از رطوبت موجود در خاک استفاده می‌کند، نوع سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند تأثیر زیادی بر جذب آب توسط گیاه داشته باشد (میچلاکیس و همکاران، ۱۹۹۶). درخت انار *(Punica granatum L.)* یک درخت میوه خزان کننده که بومی آسیای مرکزی، جزو گونه‌های درختی میوه ریز قرار داشته و رشد وسیعی ندارد (هولند و همکاران، ۲۰۰۹)؛ درختان انار به عنوان یک محصول مقاوم به کمبود آب خاک در نظر گرفته شده‌اند (هولند و همکاران، ۲۰۰۹). به همین دلیل، در فرهنگ کشت وکار شرایط اقلیمی خشک نظیر یزد از گذشته تا حال که در آن آب کافی و شیرین در دسترس نبوده است، از این محصول استفاده شده است. به هرحال اطلاعات و شناخت بسیار اندکی در زمینه مدیریت آب باغ‌های انار وجود دارد؛ برای مثال مصرف آب برای این محصول در لیست نشریه مصرف آب- فائو که توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) ارائه شده است وجود ندارد. همچنین مطالعات بسیار کمی در زمینه مدیریت آب باغ و عملکرد درخت تحت تیمارهای کمبود آب در دسترس است. به تازگی دو مطالعه مزرعه‌ای در جنوب شرقی اسپانیا انجام شده است (اینتریگلیللو و همکاران، ۲۰۱۱ و رودریگز و همکاران، ۲۰۱۲)؛ با این حال این مطالعات تنها به جنبه‌های روابط پایه‌ای آب گیاه پرداخته‌اند؛ درحالی که در آن‌ها عملکرد درخت انار در پاسخ به کم‌آبیاری مورد تحلیل قرار نگرفته است (اینتریگلیللو و همکاران، ۲۰۱۲). فرشی و همکاران (۱۳۷۶) نیاز آبی انار در ایران بر مبنای عوامل هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق پتانسیل و فرمول‌های تجربی، تعیین و نتایج مطالعه به صورت جداولی برای ایستگاه‌های مختلف و گیاهان متنوع ارائه شد به‌گونه‌ای که نیاز خالص آب آبیاری با روش آبیاری سطحی را حدود ۹۲۰۰ مترمکعب و به روش قطره‌ای یا تشتکی با در نظرگرفتن درصد پوشش ۷۵ درصد حدود ۷۳۰۰ مترمکعب برآورد کرده‌اند. پژوهشی با مطالعه اثر ۵ سطح مختلف آبیاری شامل ۷ و ۹ و ۱۱ (شاهد) و ۱۳ و ۱۵ مترمکعب به ازاء هر درخت در سال روی رشد رویشی و عملکرد درخت انار درخاکی شنی در مصر به این نتیجه رسیدندکه بالاترین سطح آبیاری ۱۵ مترمکعب به ازاء هر درخت در سال بیشترین افزایش در رشد رویشی و عملکرد را داشته است (خطاب و همکاران، ۲۰۱۱).

ارزانی و ارجی (۲۰۰۰) نیز پژوهش‌هایی روی زیتون رقم روغنی رودبار انجام دادند. آن‌ها نیز مشاهده کردند که مقادیر مختلف آب آبیاری تأثیر مستقیمی بر رشد گیاه و محصول تولیدی داشته است. همچنین فیسی و همکاران (۲۰۰۲) مقادیر مختلف آب را به وسیله سیستم قطره‌ای بر گیاه زیتون اعمال کردند که نتایج نشان داد تولید زیتون در تیمارهای آبیاری کامل بین ۷۴ تا ۹۱ درصد بیشتر از تیمارهای دیگر بوده است. نوروزی و باوریانی (۱۳۸۹) نیز به منظور تعیین آب مورد نیاز خرمای رقم کبکاب در روش قطره‌ای، آزمایشی با چهار سطح آبیاری انجام دادند که بعد از تعیین حجم آب مورد نیاز در هر سطح، نتایج اثر تیمار آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌داری را نشان داد. در مطالعه‌ای درباره مرکبات، دومینگو و همکاران (۱۹۹۶)، نشان دادند در طول دوره رشد سریع میوه کم آبیاری باعث کاهش در عملکرد با کوچکترشدن اندازه میوه‌ها در هنگام برداشت می‌شود. در مقابل، جنبه‌های مفید آن عبارتند از: افزایش سطح مواد جامد محلول میوه و زودتر رسیدن میوه.

در تعیین نیاز آبی گیاهان دو راهکار اساسی وجود دارد: ۱- پایش رطوبت خاک و ۲- تعیین تبخیر-تعرق که هر دو راهکار، دارای محدودیت‌هایی هستند. استفاده از هر دو روش به طور همزمان روشی مطمئن برای تعیین آب مورد نیاز و برنامه آبیاری گیاه خواهد بود (هارتز، ۱۹۹۹). پژوهش حاضر با استفاده از پایش رطوبت خاک و داده‌های هواشناسی به محاسبه نیاز آبی دو رقم تجاری انار (ملس یزدی و ملس ساوه) در سیستم آبیاری موضعی و تأثیر سطح‌های مختلف آبیاری بر عملکرد محصول تولیدی در باغ‌های چهارساله انار به اجرا در آمد. در ادامه با اصلاح تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی درختان انار در مقادیر مختلف آب آبیاری، سعی شد بتوان با توجه به ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

مورد نظر برای منطقه، نیازآبی درختان انار را برای شرایط اقلیمی مشابه نیز قابل محاسبه کرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر روی درختان چهار ساله انار در سطح یک هکتار مجهز به سیستم آبیاری موضعی (بابلر) واقع در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد با ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه با متوسط بارندگی ۵۱ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد در ۱۰ کیلومتری مرکز شهر یزد واقع شده است. به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب هر درخت به یکدیگر بین ردیف‌های هر بلوک نواری سه متری و بین درختان نواری به عرض یک و نیم متر بدون آبیاری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. در واقع در اطراف درختان حوضچه‌ای مستطیل شکل ایجاد شد که یک بابلر با دبی ۹۶ لیتر بر ساعت برای هر درخت در نظر گرفته شد. مشخصات فیزیکی- شیمیایی آب و خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

EC (dS/m)	pH	Mg^{2+}(meq/lit)	Ca^{2+}(meq/lit)	Na^{+} (meq/lit)	Cl^{-} (meq/lit)	HCO^{3-} (meq/lit)
۳/۶	۷/۵	۱۳/۲	۱۳/۶	۲۱/۲۵	۲۵/۵	۳/۲۵

جدول ۲- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق نمونه خاک (cm)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	EC (mmohs/cm)	pH	مواد خنثی	کربن آلی ٪	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۰-۴۵	لومی شنی	۱/۵۱	۳/۷	۷/۸۴	۲۴/۳	۰/۱۸	۲/۳۸	۱۶۳/۹
۴۵-۹۰	لومی شنی	۱/۵۱	۳/۵	۷/۶۹	۲۰	۰/۰۲	۰/۴	۱۰۶/۰۶

این طرح در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری I1، I2، I3 بر اساس رطوبت ظرفیت زراعی (FC) شامل آبیاری کامل، ۲۵ و۵۰ درصد کم آبیاری روی دو رقم تجاری انار (ملس ساوه و ملس یزدی) به فواصل ۳ × ۴ در سه تکرار انجام شد. برای تعیین میزان رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، از دستگاه صفحه فشاری در آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات برای فشارهای ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰ کیلوپاسکال استفاده شد که مقدار رطوبت حجمی برای ظرفیت زراعی ۲۲/۵ و نقطه پژمردگی ۱۰/۵ به دست آمد. برای جلوگیری از گرفتگی بابلرها از فیلتر دیسکی در ابتدای طرح استفاده شد. در ابتدای هر بلوک یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری مقدار آب توزیعی نصب و کلیه عملیات داشت شامل برنامه هرس و حذف علف‌های هرز، کوددهی، نیاز آبشویی طبق توصیه‌های مرکز تحقیقات برای هر سه سطح آبیاری یکسان و مطابق شرایط معمول در باغ اجرا شد. برای اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از آمارهای بلندمدت داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک یزد استفاده شد. بنابر پیشنهاد منابع معتبر علمی، این روش در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در سطح جهان بیشترین استفاده را دارد (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۱) به گونه‌ای که تبخیر تعرق برآورد شده با معادله فائو پنمن مانتیث در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده لایسمتری از دیگر معادله‌های تخمین از خطای کمتری برخوردار است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). روش فائو پنمن مانتیث به عنوان بهترین روش انتخاب و با استفاده از این روش به‌وسیله نرم‌افزار CROPWAT تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. در تمام روش‌هایی که در آن‌ها ETo یا تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه می‌شود، برای اینکه بتوان نتایج حاصل شده را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر تعمیم داد، باید مقادیر به دست آمده را در ضریب گیاهی ضرب کرد (علیزاده، ۱۳۸۵):

www.SID.ir

Archive of SID

$$ETc = Kc \times ETo \quad (۱)$$

دراین پژوهش مقادیر Kc در طول دوره رشدگیاه انار از کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی، ۱۳۷۷) برگرفته شد. همچنین در روش‌های آبیاری موضعی با توجه به این که تمام سطح زمین خیس نمی‌شود، تبخیر از سطح خاک به کمترین حد خود می‌رسد. در این شرایط مصرف آب گیاه بیشتر به تعرق از سطح برگ‌های گیاه مربوط می‌شود. برای محاسبه حداکثر تعرق روزانه گیاه (Td) از معادله (۲) استفاده شد (ضیاء تبار احمدی، ۱۳۷۱):

$$TD = (Ps + 0.15\,(1 - Ps))\mathrm{ET}_C \quad (۲)$$

که در آن TD حداکثر نیاز آبی گیاه بر حسب میلی‌متر بر روز، ET_c حداکثرتبخیر و تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر بر روز و P_S حداکثر در صد سایه‌انداز است.

سطح سایه‌انداز گیاه به وسیله مشاهدات مزرعه‌ای و اطلاعات منطقه‌ای تعیین می‌شود و در این پژوهش برای درختان چهارساله انار و شرایط مزرعه آزمایش ۳۰ درصد به دست آمد.

مقدار آب مورد نیاز در هر بار آبیاری (بیشترین عمق آب آبیاری) با استفاده از معادله (۳) از طریق عمق توسعه ریشه گیاه و آب قابل دسترسی و همچنین ضریب سهل‌الوصول محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۵).

$$dx = TAW \times MAD \times Pw \quad (۳)$$

dx بیشترین عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر،TAW آب قابل دسترسی در خاک بر حسب میلی‌متر؛ MAD تخلیه مجاز؛ عمق توسعه ریشه برحسب متر؛ Pw درصد مساحت خیس شده خاک است. بیشترین دور آبیاری از طریق معادله (۴)، در یک دوره زمانی معین از تقسیم بیشترین عمق خالص آب آبیاری (dx) بر نیاز خالص روزانه گیاه در آن دوره (NWR) محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$fx = \frac{dx}{NWR} \quad (۴)$$

fx بیشترین دور آبیاری بر حسب روز؛ dx بیشترین عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر؛ NWR تبخیر و تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر بر روز است.

اندازه‌گیری عمق ریشه و مساحت خیس شده به‌صورت تحقیقات میدانی و عملی انجام شد.

دور آبیاری در آبیاری کامل به گونه‌ای انتخاب شد که کمترین تنش به گیاه وارد شود. پارامترهای مؤثر در عمق و دور آبیاری در درختان چهار ساله در جدول ۳ و تاریخ اولین و آخرین آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در سه سطح رطوبتی اعمال شده در طی فصل رشد در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- پارامترهای مؤثر در عمق و دور آبیاری در درختان چهار ساله

	عمق ریشه (m)	مساحت خیس شده (m^2)	کمبود مجاز رطوبت (٪)	راندمان کاربرد آبیاری (٪)
درختان چهار ساله	۱	۲/۲۵	۵۰	۹۰

جدول۴- تاریخ اولین و آخرین آبیاری، تعداد آبیاری اعمال شده در سه تیمار رطوبتی

اولین آبیاری	آخرین آبیاری	تعداد دفعات آبیاری
۱۵فروردین ۱۳۹۲	۱۵ آبان ۱۳۹۲	۳۵ بار

عمق خالص آبیاری با توجه به دور آبیاری اصلاح شده و نیاز آبی گیاه از طریق معادله (۵) محاسبه می‌شود (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶):

$$dn = f \times NWR \quad (۵)$$

dn عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر؛ f دور آبیاری انتخاب شده بر حسب روز و NWR نیاز خالص آبی گیاه بر حسب میلی‌متر بر روز است.

لازم است ذکر شود دور آبیاری اصلاح شده (f) با توجه به نظر طراح و درنظر گرفتن سایر شرایط فنی و بهره تعیین می‌شود. عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت (d) در شرایطی که نیاز آبشویی از ۱۰ درصد کمتر باشد، عبارت خواهد بود از معادله (۶) (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$d = 100\left(\frac{dnTr}{EU}\right) \quad (۶)$$

برای وضعیتی که آب شور باشد و نیاز آبی بیشتر از ۱۰ درصد است، نیاز ناخالص آبیاری عبارت خواهد بود از معادله (۷) (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$d = 100\,\frac{dn}{EU(1 - LR)} \quad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

حجم آب موردنیاز برای هر درخت (یاگیاه) بر حسب لیتر بر روز (G) عبارت خواهد بود از معادله (۸) (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$G = d \times Sr \times Sp \quad (۸)$$

در این معادله S_r و S_p به ترتیب فاصله ردیف‌های گیاهی و فاصله گیاهان روی ردیف برحسب متر و d برحسب میلی‌متر بر روز و G بر حسب لیتر بر روز برای هر گیاه است.

مدت زمان آبیاری (Ta) را می‌توان با توجه به لزوم خیس شدن حجم معینی از خاک برای هر گیاه تعیین کرد (لیاقت و همکاران، ۱۳۸۴) و از معادله (۹) محاسبه شد:

$$Ta = \frac{Gi}{Np \times qa} \quad (۹)$$

که در آن Np تعداد قطره‌چکان برای هر درخت و qa دبی متوسط قطره‌چکان (لیتر بر ساعت) است.

به‌منظور تحلیل سطح‌های مختلف آبیاری و همچنین تعیین مقدار آب آبیاری در هر دور میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری پایش، و اختلاف رطوبت خاک تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درصد رطوبت حجمی خاک از دستگاه بازتاب زمانی امواج TDR (مدل TRIME_FM) و از طریق وارد کردن سنسور دستگاه داخل لوله‌های پروب مخصوص دستگاه با قطر مناسب که تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک و به‌صورت تصادفی در نقاط مختلف کلیه سطح‌ها جاگذاری شده بود، پایش شد. در نهايت، براي ارزيابي دقت دستگاه، اقدام به نمونه‌برداري از خاک و تعيين رطوبت آن شد. هم زمان با داده‌برداري از رطوبت خاک با استفاده از TDR، اقدام به ثبت داده‌ها شد و از مقايسه رطوبت‌هاي اندازه‌گيري شده به وسيله دستگاه با روش نمونه‌برداري و توزين، اعتبار سنجي صورت گرفت؛ به گونه‌ای که ضریب همبستگی ۰/۸۴ بین مقادیر به دست آمده بیان کننده صحت اعتبار داده‌های دستگاه است.

آبیاری بر حسب نیاز و در زمان مقرر با اندازه‌گیری رطوبت خاک در سطح آبیاری I1 در سه عمق به‌وسیله دستگاه مذکور انجام و میانگین آن‌ها به عنوان مبنای آبیاری در نظر گرفته شد که میزان عمق آب آبیاری مورد نیاز در هر نوبت آبیاری از معادله (۱۰) به دست آمد (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲):

$$I = (\theta f_c - \theta).D/100 \quad (۱۰)$$

که در آن θ رطوبت خاک قبل ازآبیاری (درصد حجمی)؛ θ_{fc} رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (درصد حجمی)؛ D عمق مؤثر ریشه بر حسب متر و I عمق آب آبیاری بر حسب متر است.

به وسیله معادله (۱۱) حجم خالص آب آبیاری مورد نیاز هر درخت برآورد شد (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲):

$$Vn = I.A.1000 \quad (۱۱)$$

که در آن A مساحت خیس شده پای هردرخت بر حسب مترمربع و V_n حجم خالص آب مورد نیاز برای هر درخت بر حسب لیتر است.

در نهایت حجم ناخالص آب مورد نیاز هر درخت با در نظر گرفتن تیمارهای آبیاری، بر اساس معادله (۱۲) به دست می‌آید:

$$Vg = 100\ \frac{Vn(\frac{T}{100})}{Ea(1-LR)} \quad (۱۲)$$

که در آن T تیمار آبیاری بر حسب درصد؛ Ea راندمان کاربرد آبیاری بر حسب درصد؛ LR نیازآبشویی (در صورت نیاز) و V_g حجم ناخالص آب مورد نیاز هر درخت بر حسب لیتر است.

نتایج و بحث

مقادیر حجم آب مصرفی دو رقم چهار ساله انار (ملس یزدی و ملس ساوه) در جدول ۵ ارائه شده است؛ به گونه‌ای که مقدار آب اعمال شده با استفاده از پایش رطوبت خاک بوده و حجم آب برآورد شده بر اساس اطلاعات تبخیر و تعرق در ماه‌های مختلف فصل رشد به دست آمده است. مقادیر به دست آمده از حجم آب مصرفی، اهمیت توجه به پایش رطوبت خاک در تأمین نیاز آبی درختان را نشان می‌دهد که برآورد دقیق‌تری را از حجم آب مورد نیاز گیاه فراهم می‌آورد.

نتایج مربوط به محاسبه تعرق گیاه انار، میزان آب مصرفی و ساعات آبیاری با استفاده از فرمول‌ها و روابط مربوطه در طول فصل رویش در ماه‌های مختلف از فروردین ماه تا آخر آبان‌ماه برای تیمارهای مختلف در جدول ۶ ارائه شده است که تغییرات حداکثر تعرق گیاه از ۰/۲۹ میلی‌متر بر روز در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تا ۲/۴۳ میلی‌متر بر روز در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی اتفاق افتاده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- حجم آب برآورد شده و اعمال شده برای دورقم تجاری انار چهارساله

	حجم آب برآورد شده بر اساس داده‌های هواشناسی (m3/ha)	حجم آب مصرفی بر اساس پایش رطوبت خاک (m^3/ha)
فروردین	۳۰۷/۵۵	۲۰۷/۳۵
اردیبهشت	۴۰۹/۷۱	۲۴۸/۸۲
خرداد	۵۶۰/۲۶	۴۹۴/۴۸
تیر	۶۷۳/۱۷	۸۳۸/۱۸
مرداد	۶۳۶/۶۱	۷۲۹/۵۵
شهریور	۵۲۴/۷۷	۶۱۵/۷۳
مهر	۳۶۲/۱۵	۴۰۹/۲۹
آبان	۲۱۶/۴۶	۲۰۱/۰۴
جمع	۳۶۹۰/۶۹	۳۷۴۴/۴۴

جدول۶- حداکثر تعرق، آب مصرفی و مدت زمان آبیاری به تفکیک ماه‌های دوره رشد انار در تیمارهای مختلف

	آبیاری کامل (I1)			۲۵ درصد کم آبیاری (I2)			۵۰ درصد کم آبیاری (I3)		
ماه	Td (mm/day)	Gi (m^3/ha)	Ta (hr)	Td (mm/day)	Gi (m^3/ha)	Ta (hr)	Td (mm/day)	Gi (m^3/ha)	Ta (hr)
فروردین	۰/۶۰	۲۰۷/۳۵	۲/۵۹	۰/۴۵	۱۵۵/۵۱	۱/۹۴	۰/۳۰	۱۰۳/۶۷	۱/۳۰
اردیبهشت	۰/۷۲	۲۴۸/۸۲	۳/۱۱	۰/۶۱	۲۰۸/۶۲	۲/۶۱	۰/۵۹	۱۶۷/۴۹	۲/۰۹
خرداد	۱/۴۴	۴۹۴/۴۸	۶/۱۸	۰/۹۷	۳۳۵	۴/۱۹	۰/۴۹	۲۰۳/۱۱	۲/۵۴
تیر	۲/۴۳	۸۳۸/۱۸	۱۰/۴۸	۱/۸۲	۶۲۵/۸۰	۷/۸۳	۱/۲۰	۴۱۳/۶۹	۵/۱۷
مرداد	۲/۱۲	۷۲۹/۵۵	۹/۱۲	۱/۵۸	۵۴۴/۳۳	۶/۸۱	۱/۰۷	۳۶۷/۲۴	۴/۵۹
شهریور	۱/۷۹	۶۱۵/۷۳	۷/۷	۱/۳۳	۴۵۹/۳۴	۵/۷۴	۰/۹۰	۳۱۰/۳۷	۳/۸۸
مهر	۱/۲۳	۴۰۹/۲۹	۵/۱۲	۰/۹۰	۲۹۹/۹۲	۳/۷۵	۰/۶۳	۲۰۹/۸۷	۲/۶۲
آبان	۰/۶۰	۲۰۱/۰۴	۲/۵۱	۰/۴۶	۱۵۴/۵۲	۱/۹۳	۰/۲۹	۹۷/۶۹	۱/۲۲
جمع		۳۷۴۴/۴۴	۴۶/۸۲		۲۷۸۳/۱	۳۴/۸		۱۸۷۳/۱	۲۳/۴۲

در جدول ۶ نشان داده شده‌است که در شرایط واقعی مزرعه با اعمال آبیاری بر اساس آبیاری کامل (I1)، ۴۶/۸۲ ساعت آبیاری در طول فصل رویش (۲۴ روز)، معادل ۳۷۴۴/۴۴ مترمکعب در هر هکتار و در تیمار مربوط به ۲۵ درصد کم آبیاری (I2)، ۳۴/۸ ساعت آبیاری، معادل ۲۷۸۳/۱ مترمکعب در هر هکتار و در تیمار مربوط به آبیاری (I3)، ۲۳/۴۲ ساعت آبیاری، معادل ۱۸۷۳/۱ مترمکعب در هر هکتار بوده است. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد برای تیمارهای سه گانه به‌ترتیب در جداول ۷ و ۸ ارائه شده است.

در زمان محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر و مقایسه آن با گیاه مرجع، مبنای محاسبه بر اساس پوشش کامل گیاه است. با پرداختن به برآورد نیاز آبی درختان بزرگسال و مقایسه آن با درختان چهارساله اهمیت توجه به سن و سطح سایه‌انداز گیاه در برآورد نیاز آبی محسوس‌تر خواهد بود.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس عملکرد محصول

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات M.S
سطوح آبیاری	۲	۴۰۰۴۲۹۵/۷*
رقم	۱	۲۱۰۴۰۳/۷ ns
آبیاری×رقم	۲	۳۸۲۹۹/۳ ns
خطا	۱۰	۹۴۶۱۲۶

معنی‌دار بودن: * در سطح آماری ۵ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد محصول در تیمارهای مختلف

	تیمار آبیاری	میانگین عملکرد (kg/ha)
۱	I1	۲۲۴۷/۸۹[a]
۲	I2	۲۱۰۷/۸۴[a]
۳	I3	۷۶۸/۱۰[b]

اعداد با حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج محاسبات صورت گرفته، در جدول ۹ نشان داده شده است. در درختان میوه حداکثر سطح سایه‌انداز زمانی است که قسمت هوایی درخت‌ها بر هم مماس شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

دراین وضعیت درصد سایه‌انداز $\frac{\pi}{4}$ یا ۰/۷۸۵ خواهد بود (علیزاده، ۱۳۸۵).

جدول ۹- مقدار حجم آب مصرفی برای درختان بالغ برحسب درصد پوشش در سطح‌های مختلف آبیاری

سطح‌های آبیاری	درصد پوشش سطح زمین توسط انار چهارساله	مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)	درصد پوشش زمین توسط انار بزرگسال	مقدار آب آبیاری در زمان پوشش کامل (میلی‌متر)
I1	۳۰	۳۷۴/۴۴	۷۸/۵	۹۷۹/۷۸
I2	۳۰	۲۷۸/۳۱	۷۸/۵	۷۲۸/۲۴
I3	۳۰	۱۸۷/۳۱	۷۸/۵	۴۹۰/۱۳

برای مقایسه نتایج تبخیر و تعرق روزانه گیاه انار در جنوب شرقی اسپانیا در شرایط آب آبیاری با درصد شوری بالا در طول فصل رشد بین ۰/۲ تا ۲/۱ میلی‌متر بر روز تغییر می‌کند؛ درحالی که درشرایط آب آبیاری با شوری بسیار کم تغییرات از ۰/۲۳ تا ۵ میلی‌متر بر روز است (بانتانا و لازارویچ، ۲۰۱۰). مقادیر اندازه‌گیری شده روزانه تبخیر و تعرق برای مرکبات درسائوپائولو برزیل محدوده‌ای بین ۱/۳ تا ۵ میلی‌متر بر روز (آلوز و همکاران، ۲۰۰۷) و مقادیر تبخیر و تعرق برای درختان سیب در شمال غرب چین در محدوده ۲/۲۵ تا ۶/۵۳ میلی‌متر بر روز (گونگ و همکاران، ۲۰۰۷) به دست آمده است. در مقایسه، تغییرات تبخیر و تعرق در پسته با تغییر در آبیاری از شرایط آبیاری کامل به کم آبیاری بین ۷۸۴-۱۰۲۴ میلی‌متر در سال مشاهده شده است (اینیستا و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین تغییرات مقدار آب مصرفی در مصر در پنج سطح آبیاری از چهار لیتر بر روز تا ۹۵ لیتر بر روز برای هر درخت انار در ماه‌های مختلف به دست آمده است (خطاب و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین نتایج عملکرد محصول با نتایج خطاب و همکاران (۲۰۱۱) در مصر با تغییر در سطوح مختلف رطوبتی مطابقت داشت.

میزان آب مصرف شده در هر یک از سطح‌ها، بیانگر تفاوت زیادی در میزان تبخیر و تعرق آنهاست؛ بنابراین با توجه به شرایط اجرای آزمایش (شرایط واقعی مزرعه) و نوع سیستم آبیاری (آبیاری موضعی) اقدام به اصلاح تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی انار کامل برای تیمارهای مختلف در طول فصل رشد شد. جدول ۱۰ میزان تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی را در ماه‌های مختلف و مربوط به هر یک از تیمارها نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی انار در سطح‌های مختلف آبیاری

ماه	I1			I2		I3	
	تشت تبخیر (mm)	تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm)	تبخیر و تعرق انار (mm)	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق انار (mm)	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق انار (mm)	ضریب گیاهی
فروردین	۱۷۳/۶	۱۷۷/۳۲	۵۵/۱۱	۰/۳۱	۴۱/۳۴	۰/۲۳	۲۷/۵۶	۰/۱۶
اردیبهشت	۲۳۸/۷	۲۳۶/۲۲	۶۶/۱۴	۰/۲۸	۵۵/۴۶	۰/۲۳	۵۳/۹۹	۰/۲۳
خرداد	۳۰۶/۹	۲۸۳/۳۴	۱۳۱/۴۳	۰/۴۶	۸۹/۰۴	۰/۳۱	۴۴/۵۲	۰/۱۶
تیر	۳۴۱	۳۰۳/۱۸	۲۲۲/۷۹	۰/۷۳	۱۶۶/۳۴	۰/۵۵	۱۰۹/۹۶	۰/۳۶
مرداد	۳۱۹/۳	۲۸۲/۴۱	۱۹۳/۹۲	۰/۶۹	۱۴۴/۶۸	۰/۵۱	۹۷/۶۱	۰/۳۵
شهریور	۲۶۳/۵	۲۳۲/۸۲	۱۶۳/۶۶	۰/۷۰	۱۲۲/۰۹	۰/۵۲	۸۲/۵۰	۰/۳۵
مهر	۱۷۷	۱۶۸/۳	۱۰۸/۷۹	۰/۶۵	۷۹/۷۲	۰/۴۷	۵۵/۷۸	۰/۳۳
آبان	۱۰۲	۱۰۹/۵	۵۳/۴۴	۰/۴۹	۴۱/۰۷	۰/۳۸	۲۵/۹۷	۰/۲۴
جمع	۱۹۲۲	۱۷۹۳/۰۸	۹۹۵/۲۸		۷۳۹/۷۴		۴۹۷/۸۸	
میانگین				۰/۵۴		۰/۴۰		۰/۲۷

نتایج نشان داد که با افزایش میزان رطوبت خاک یا به عبارتی آبیاری بیشتر، میزان تبخیر و تعرق افزایش یافت؛ به طوری که با اعمال ۲۵ درصد کم آبیاری، میزان تبخیر و تعرق به ۷۳۹/۷۴ میلی‌متر و با اعمال۵۰ درصد کم آبیاری، میزان تبخیر وتعرق به ۴۹۷/۸۸ میلی‌متر کاهش یافته است. همچنین ضرایب گیاهی سه تیمار I1، I2، I3 به ترتیب معادل ۰/۵۴، ۰/۴۰ و ۰/۲۷ به دست آمد. برای مقایسه نتایج Kc برای درخت انار در آب با شوری پایین

www.SID.ir

Archive of SID

بین ۰/۰۳ تا ۰/۶۴ به دست آمده است (بانتانا و لازارویچ، ۲۰۱۰). در مرکبات تغییرات سالانه در مقدار Kc از ۰/۵۷ تا ۱/۱۵ در یک گیاه یک ساله تا چهارساله ثبت شده است (آلوز و همکاران، ۲۰۰۷). برای به دست آوردن Kc تحت شرایط تنش از ضریب گیاهی محصولات مختلف توسط نشریه FAO-56 استفاده می‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد:

- مقایسه نتایج مقدار آب مصرفی درختان چهار ساله نسبت به درختان بالغ در کل دوره رشد، نشان‌دهنده اهمیت توجه به سطح سایه‌انداز درختان با توجه به سن آن‌ها در برآورد آب مصرفی باغ‌های انار است.
- میزان آب مصرف شده در هر یک از تیمارها، بیانگر تفاوت زیادی در میزان تبخیر و تعرق آنهاست. مقادیر کمتر Kc نشان‌دهنده رشد کمتر گیاه و تاج پوشش کمتر و نشان‌دهنده ET پایین‌تر است. انار یک درخت خزان‌کننده است، جوانه زنی و سبز شدن در فصل بهار و ریزش برگ‌ها در زمستان، و مقدار Kc آن از فصلی به فصل دیگر تفاوت زیادی دارد (بانتانا و لازارویچ، ۲۰۱۰)؛ بنابراین روش‌های نوین آبیاری و آبیاری دقیق این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان در زمان و محل مناسب نسبت به انجام آبیاری به مقدار مورد نیاز اقدام کرد (عباسی و دهقانی سانیج، ۱۳۹۲). البته با توجه به محدودیت‌های منابع آب در کشور و مقاوم به خشکی بودن انار پیشنهاد می‌شود آثار کم آبیاری در مراحل مختلف رشد و حساس انار برای مناطق انارخیز کشور به منظور کاهش میزان آب مصرفی بررسی شود تا در ضمن حداکثر بهره‌وری از آب مورد نیاز حداکثر محصول با کیفیت مطلوب به دست آید.

سپاس‌گزاری

از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد و زحمات مسئولان و کلیه کارکنان این سازمان که در تهیه این پژوهش همکاری داشته‌اند قدردانی و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

۱. شهابی‌فر م. کوچک‌زاده م. محمدزاده م. و میرلطفی س. ۱۳۸۳. استفاده از روش‌های زمین آماری در تعیین نیاز آبی چغندرقند در استان تهران. مجله چغندرقند. ۲۰(۲): ۱۳۳-۱۴۷.

۲. عباسی ع. و دهقانی سانیج ح. ۱۳۹۲. آبیاری دقیق و تأثیر آن بر کارایی مصرف آب در باغ‌های زردآلو. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷(۱): ۴۱-۵۱.

۳. علیزاده ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ بیستم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع) ۹۴۲. ص.

۴. علیزاده ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلددوم). چاپ اول، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۳۶۷ ص.

۵. فرشی ع. خیرابی ج. سیادت ح. میرلطفی م. دربندی ص. سلامت ع. ر. انتظاری م. ر. و سادات‌میرئی. م ح. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۰۰ ص.

۶. فرشی ع. شریعتی م. ر. جارالهی ر. قائمی م. ر. شهابی‌فر م. و تولائی م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور. جلد دوم، تهران، نشر آموزش کشاورزی. ۶۴۸ ص.

۷. لیاقت ع س. تیمور ج. ا و میرزایی ف. ۱۳۸۴. نمونه‌سازی جبهه رطوبتی خاک از منبع تغذیه خطی در آبیاری قطره‌ای- نواری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶(۲۳): ۵۳-۶۶.

۸. میرموسوی س. ح. پناهی ح. اکبری ح. و اکبرزاده ی. ۱۳۹۱. واسنجی روش‌های برآورد تبخیر وتعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo) و محاسبه نیازآبی گیاه (ETc) زیتون در استان کرمانشاه. فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط. ۳: ۴۵-۶۴.

۹. نوروزی م. و باوریانی م. ز. ۱۳۸۹. تعیین آب مورد نیاز خرما در روش آبیاری قطره‌ای در استان بوشهر. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۴(۱): ۲۱-۳۰.

10. Allen R. Pereira L. A. Raes D. and Smith M. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper NO. 56. FAO, Rome, Italy. 333 p.
11. Alves Jr. Folegatti M. V. Parsons L. R. Bandaranayake W. da Silva C. R. da Silva

www.SID.ir

Archive of SID

T. J. A. and Campeche L. F. S. M. 2007. Determination of the crop coefficient for grafted 'Tahiti' lime trees and soil evaporation coefficient of rhodic kandiudalf clay soil in Sao Paulo, Brazil. Irrigation Science. 25: 419-428.
12. Arzani K. and Arji I. 2000. The effect of water stress and deficit irrigation on youn potted olive cv'Local- Roghani Roodbar. Acta Horticulturae. 537: 879-885.
13. Bhantana P. and Lazarovitch N. 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (Punica granatum L.) varieties under salt stress. Agric. Water Manage. doi:10.1016/j.agwat. 2009.12.016
14. Domingo R. Ruiz-Slnchez M. C. Slnchez-Blanco M. J. and Torrecillas A. 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. Irrigation Science. 16: 115-123.
15. Faci J. M. Berenguer M. J. Espada J. L. and Gracia S. 2002. Effect of variable water irrigation supply in olive (Olea Europaea L.) Cv. Arebequina in Aragon (Spain). I. Fruit and oil production. Acta Horticulturae. 58: 341-344.
16. Gong D. Kang S. Yao L. and Zhang L. 2007. Estimation of evapotranspiration and its components from an apple orchard in northwest China using sap flow and water balance methods. Hydrological Processes. 21: 931-938.
17. Hartz T. K. 1999. Water management in drip-irrigatedvegetable production. University of California, Davis, CA 951 1.
18. Holland D. Hatib K. and Bar-Ya'akov I. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. Horticultural Reviews. 35: 127-191.
19. Iniesta F. Testi L. Goldhamer D. A. and Fereres E. 2008. Quantifying reductions in consumptive water use under regulated deficit irrigation in irrigation of cotton with saline-sodic water. Irrigation Science. 6: 95-106.
20. Intrigliolo D. S. Bonet L. Nortes P. A. Puerto H. Nicolas E. and Bartual J. 2012 .Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. Irrigation Science. 984: 412-418.
21. Intrigliolo D. S. Nicolas E. Bonet L. Ferrer P. Alarco´n J. J. and Bartual J. 2011. Water relations of field grown Pomegranate trees (Punica granatum) under different drip irrigation regimes. Agricultural Water Management. 98: 691-696.
22. Khattab M. M. Shaban A. E. EL_Shrif A. H. and Mohamed EL. D. 2011. Growth an Productivity of Pomegranate Trees under Different Irrigation Levels I: Vegetative Growth and Fruiting**.** Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. 3: 194-198.
23. Michelakis N. Vouyoukalou E. and Clapaki G. 1996. Water use and soil moisture depletion by olive trees under different irrigation conditions. Agricultural water. 325 p.
24. Rodrı´guez P. Mellisho C. D. Conejero W. Cruz Z. N. Ortun˜o M. F. Galindo A. and Torrecillas A. 2012. Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigatio conditions. Environmental and Experimental Botany. 77: 19-24.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir