

تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر انار رقم رباب نی‌ریز در شهرستان کازرون استان فارس

محمدعلی شاهرخ نیا^{۱*}، علیرضا بنیان پور^۲، دادگر محمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۴

چکیده

اگرچه انار یکی از محصولات باغی مهم کشور است، تحقیقات کمی در خصوص مدیریت آبیاری آن انجام شده است. به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب انار رقم رباب نی‌ریز، آزمایشی در یکی از باغات انار شهرستان کازرون فارس انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل انجام آبیاری در مقادیر مختلف تخلیه رطوبت در دسترس خاک ۳۵، ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد بود. یک تیمار نیز که مدیریت آبیاری آن کاملاً توسط باغدار انجام می‌شد، بعنوان شاهد در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. رطوبت خاک در تیمارهای مختلف با دستگاه رطوبت‌سنج بلوک گچی اندازه‌گیری میشد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حدود مورد نظر آبیاری به میزان مورد نیاز برای رسانیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه انجام می‌شد. باغ به سیستم آبیاری قطره‌ای مجهز بود و میزان آب آبیاری توسط کنتورهای واسنجی شده اندازه‌گیری می‌گردید. آزمایش به مدت دو سال انجام و میزان آب مصرفی، میزان عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف برآورد و با مقایسه میانگین‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه و سایر پارامترهای هواشناسی مورد نیاز، خطوط مبنای تنش بالایی و پایینی از روش ایدسو استخراج گردید. با برآورد هزینه و درآمد، تجزیه و تحلیل اقتصادی نیز انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش کل میزان آب داده شده تا حد ۱۹۵۸۰ مترمکعب در هکتار (شاهد)، میزان محصول نیز تا نزدیک ۳۶ تن در هکتار افزایش یافت در حالیکه در حد تخلیه رطوبتی ۳۵ درصد، میزان آب مصرفی کل ۱۰۵۱۱ مترمکعب در هکتار و میزان محصول ۲۸ تن در هکتار بود. میزان بهره‌وری آب کل در تیمارهای مختلف از ۱/۸۲ تا ۳/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود که با افزایش مصرف آب، بهره‌وری کاهش یافت. تفاوت مقادیر بهره‌وری آب و عملکرد بین دو تیمار تخلیه رطوبتی ۳۵٪ و ۵۰٪ از نظر آماری معنی‌دار نگردید. از نظر اقتصادی بهترین تیمار، تیمار آبیاری در تخلیه رطوبتی ۳۵٪ بود که با توجه به تحقیقات گذشته می‌توان آن را به عنوان حد آغاز تنش آبی در درخت انار در نظر گرفت. از خطوط مبنای تنش پایینی و بالایی به دست آمده در این تحقیق که مشابه آن در تحقیقات قبلی مشاهده نشده است، می‌توان بعنوان ابزاری جهت مدیریت آبیاری درختان انار در منطقه مورد مطالعه و سایر نقاط مشابه بهره‌برداری نمود. بنابراین به طور کلی بهترین تیمار آزمایش، انجام آبیاری در تخلیه رطوبت ۳۵٪ بود که در مناطق کم آب تا تخلیه رطوبت ۵۰٪ نیز نتایج مطلوبی به بار می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: انار، بهره‌وری آب، تخلیه رطوبت خاک، دمای پوشش گیاه، نی‌ریز

مقدمه

کم‌آبی در سال‌های گذشته بسیاری از دشت‌های کشور و از جمله

استان فارس را تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین لازم است به منظور کاهش تأثیر کم‌آبی بر تولید محصولات کشاورزی، تأثیر کم‌آبی یا تنش خشکی بر محصولات مهم هر منطقه مورد بررسی قرار گرفته تا بهتر بتوان منابع آبی موجود را مدیریت نمود. انار (*Punica granatum L.*) میوه‌ای نیمه گرمسیری است که بومی ایران و کشورهای اطراف آن می‌باشد. انار میوه‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالا و از مهم‌ترین محصولات باغی ایران، است که ۶ درصد از کل محصولات باغی ایران را تشکیل می‌دهد. ایران حدود ۹۰ هزار هکتار سطح زیر کشت انار و تولیدی حدود ۷۱۵ هزار تن در سال ۱۳۹۷ داشته است که میزان قابل توجهی در سطح جهان است. استان‌های فارس با سهم ۳۸ درصدی، یزد با سهم ۱۴ درصدی، لرستان با سهم ۵ درصدی، و خراسان رضوی با سهم ۴ درصدی در رتبه‌های اول تا چهارم تولیدکنندگان انار کشور قرار دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در

۱- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- مربی پژوهشی بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

(* نویسنده مسئول: Email: mashahrokh@yahoo.com)

دوره فنولوژیکی گیاه اتفاق بیفتد میتواند برای کنترل زمان رسیدن میوه، افزایش خصوصیات کیفی میوه و بهبود شرایط نگهداری پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرد (Laribi et al., 2013). پرویزی و همکاران تاثیر آبیاری و سایر عوامل را بر عملکرد انار رقم رباب نی‌ریز مورد بررسی قرار دادند و تیمار آبیاری به میزان ۷۵ درصد محدوده ریشه به همراه کود حیوانی را بعنوان بهترین گزینه تشخیص دادند (Parvizi et al., 2014, 2016). طاوسی و همکاران زمان آبیاری درختان انار را در تخلیه رطوبتی ۴۰ درصد در نظر گرفتند (Tavousi et al., 2015). بوگونو و همکاران شروع تنش آبی در درختان انار را در تخلیه رطوبتی بین ۴۷ تا ۱۲ درصد دانستند (Bugueno et al., 2016). در یک بررسی، نتیجه به کار بردن دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی بر عملکرد انار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوتی بین حجم پوشش گیاه در دو حالت مشاهده نشد. در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی عملکرد و اندازه میوه‌ها بزرگتر بود و ۱۰ درصد آب کمتر استفاده شد (Zhang et al., 2017). آیارس و همکاران مقادیر آب مورد نیاز انار در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را در کالیفرنای آمریکا بترتیب ۹۳۲ و ۸۴۳ میلی‌متر گزارش نمودند (Ayars et al., 2017). میزان بهره‌وری آب نیز بترتیب ۵/۵۸ و ۵/۹۷ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. سلاحورزی و همکاران اثر کم آبیاری بر محصول انار را در تربت حیدریه مورد بررسی قرار دادند. میزان آب مورد نیاز در دو سال متوالی در شرایط بدون تنش آبی بترتیب ۹۳۰ و ۹۷۲ میلی‌متر و میزان بهره‌وری آب ۲/۱۵ و ۲/۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود (Selahvarzi et al., 2017). در تحقیقی اثر مقادیر مختلف و دور آبیاری روی یک رقم انار در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبیاری به اندازه ۷۵ درصد تخیر و تعرق جمعی از تشتک تبخیر کلاس A در دور آبیاری ۶ روزه بهترین بهره‌وری آب را به وجود آورد (Dinc et al., 2018). مارات و همکاران تاثیر دوره‌های مختلف آبیاری قطره‌ای بر رشد و عملکرد درخت انار در یک خاک سبک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد، ترک‌خوردگی میوه و سایر پارامترهای رشدی گیاه تحت تاثیر دور آبیاری قرار می‌گیرد و هرچه دور آبیاری کمتر باشد بهتر است. بویژه برای خاک‌های سبک دور آبیاری یک روز توصیه شد (Marathe et al., 2018).

جامع‌ترین تحقیقات در زمینه استفاده از دمای پوشش سبز گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری توسط ایدسو و همکاران انجام شده است که مرجع تحقیقات بعدی قرار گرفته است (Idso, 1982; Idso et al., 1981). ایشان شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) را بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی تنش) و بالایی (خط بیشترین تنش) معرفی نمودند. این خطوط رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند. کلاوسون و بلاد اندازه‌گیری

سال‌های اخیر تحقیقاتی در خصوص تاثیر تنش خشکی و مدیریت آبیاری بر درخت انار انجام گرفته است. راد و همکاران (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی بر عملکرد انار رقم رباب نی‌ریز را در یزد که یک منطقه خشک است مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی بر عملکرد و کیفیت میوه در مقایسه با شاخص‌های رشدی گیاه بیشتر بود. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد، کاهش اندازه میوه و کاهش میزان اجزای میوه از جمله آریل، هسته، آب و پوست و افزایش مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون شد. ایشان برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس رطوبت ۷۵ درصدی خاک و سیستم آبیاری تحت فشار بابلر را توصیه نمودند. طاوسی و همکاران (۱۳۹۵) تاثیر تنش‌های شوری و خشکی را روی یک رقم انار در خراسان جنوبی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که انار درختی مقاوم در مقابل شوری و حساس به کم آبی است. کاوند و همکاران (۱۳۹۶) تاثیر سایبان، محلول‌پاشی کائولین، تنک میوه و آبیاری تکمیلی را بر سفیدشدگی دانه انار مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که استفاده از سایبان و کاهش فواصل آبیاری باعث کاهش و تنک میوه باعث افزایش عارضه سفیدشدگی دانه انار می‌گردد.

چوپاد و همکاران نشان دادند که استفاده از آبیاری قطره‌ای در باغات انار سبب صرفه‌جویی ۶۶ درصدی در مصرف آب در مقایسه با آبیاری سطحی می‌شود (Chopade et al., 2001). بسته به وضعیت خاک و اقلیم در حدود ۵ تا ۶ هزار مترمکعب آب در هر هکتار برای آبیاری انار لازم است (Holland et al., 2009). در یک بررسی که در کشور هند انجام شد، میزان بهره‌وری آب درختان انار در دو سیستم آبیاری سطحی و قطره‌ای بترتیب ۲/۷۹ و ۴/۸۱ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شد (Kumar et al., 2012). در تحقیقی تاثیر تنش خشکی یکنواخت و غیر یکنواخت (کم‌آبیاری مداوم و کم‌آبیاری تنظیمی) در طول فصل رشد روی یک رقم انار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تنش یکنواخت به صورت آبیاری به اندازه ۵۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه باعث کاهش ۲۲ درصدی وزن میوه‌ها و افزایش ۲۸ درصدی تعداد میوه‌ها گردید. در تنش غیر یکنواخت که محدودیت آب در دوره گلدهی و شکل‌گیری میوه اعمال شد باعث افزایش تعداد میوه در درخت و ثابت ماندن عملکرد گردید. تنش شدید در تابستان باعث کاهش ۲۴ درصدی مصرف آب و ۷ درصدی وزن میوه‌ها گردید. ترک‌خوردگی میوه‌ها نیز خیلی کم بود و فقط در یک فصل از سه فصل مورد بررسی مشاهده شد. بنابراین تیمار تنش در دوره‌های اول رشد شامل گلدهی و شکل‌گیری میوه بعنوان بهترین تیمار تنش انتخاب گردید (Intrigliuolo et al., 2013). منا و همکاران نشان دادند که تنش خشکی تاثیر قابل توجهی بر خصوصیات کیفی میوه و آب میوه انار گذاشته و ارزش تغذیه‌ای و ظاهری آنرا به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mena et al., 2013). لاریبی و همکاران بیان داشتند که کم آبیاری بسته به اینکه در چه

انجام آزمایش بترتیب ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۱۹ و ۹ درصد وزنی به دست آمد. شوری آب و خاک باغ مورد بررسی بترتیب ۱/۳۱ و ۰/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. کلیه درختان باغ تحت سیستم آبیاری قطره‌ای با چهار قطره‌چکان تنظیم‌شونده بودند که به صورت لوپ در اطراف درختان قرار داشتند. جهت انجام آزمایش درختانی یکنواخت و هم اندازه انتخاب گردیده و تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری اعمال گردید. آبیاری در مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک از ۳۵٪ الی ۸۰٪ انجام شد. به این منظور رطوبت خاک قبل از آبیاری، با استفاده از دستگاه رطوبت سنج بلوک‌گچی ساخته شده توسط شرکت هلندی Eijkelkamp اندازه‌گیری گردید. بلوک‌های گچی در عمق حدود ۳۰ الی ۶۰ سانتی‌متری و در بین دو قطره‌چکان متوالی به فاصله تقریبی یک متر از تنه درخت نصب شدند. اندازه‌گیری رطوبت خاک در فواصل یک روز در میان انجام می‌شد و با رسیدن میزان تخلیه رطوبت خاک به مقادیر مورد نظر (۳۵، ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد) در هر تیمار، نسبت به آبیاری درختان تا رسیدن به میزان رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (Field Capacity) اقدام می‌شد. میزان آب آبیاری درختان هر تیمار با کنتورهای حجمی و اسنجی شده اندازه‌گیری و تحویل می‌شدند. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از:

تیمار ۱- آبیاری در زمان تخلیه رطوبت خاک ۸۰ درصد، تیمار ۲- آبیاری در زمان تخلیه رطوبت خاک ۶۵ درصد، تیمار ۳- آبیاری در زمان تخلیه رطوبت خاک ۵۰ درصد، تیمار ۴- آبیاری در زمان تخلیه رطوبت خاک ۳۵ درصد، تیمار ۵- آبیاری با مدیریت معمول باغدار. همزمان با اندازه‌گیری رطوبت خاک، در ساعت ۱۲ الی ۱۴، دمای پوشش گیاه بوسیله دماسنج مادون قرمز دستی انجام شد. دما و رطوبت هوا نیز به وسیله دماسنج لحظه‌ای هوا و دستگاه رطوبت‌سنج لحظه‌ای هوا اندازه‌گیری گردید. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا و در هر تکرار ۲ عدد درخت هم اندازه قرار گرفت. برای اطمینان از مشابه بودن درختان انتخابی، اندازه‌گیری قطر و ارتفاع تاج درختان انجام شد. در طول دوره آزمایش عملیات نگهداری باغ شامل کوددهی، هرس، دفع علفهای هرز و آفات در زمان مناسب انجام شد. درختان باغ به سیستم آبیاری قطره‌ای مجهز بودند. راندمان سیستم آبیاری قطره‌ای نیز ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. در پایان فصل میزان محصول تولیدی هر درخت اندازه‌گیری و با تقسیم میزان محصول تولیدی به میزان آب آبیاری مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری محاسبه گردید. آب مصرفی را به دو صورت آب مصرفی آبیاری و آب مصرفی کل می‌توان در نظر گرفت. آب مصرفی آبیاری مقدار آبی است که از طریق آبیاری به درختان داده شد و در آن میزان بارندگی لحاظ نگردید. آب مصرفی کل مجموع آب آبیاری و آب بارندگی موثر می‌باشد. با تقسیم میزان محصول به میزان آب مصرفی کل، بهره‌وری آب کل به دست آمد. به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن و

دمای پوشش سبز گیاه را مناسب تر از اندازه‌گیری رطوبت خاک برای شروع عملیات آبیاری و نیز جهت کاهش مصرف آب دانستند (Clawson and Blad, 1982). سپاسخواه و کاشفی پوردر برنامه ریزی آبیاری درختان لیموشیرین جهرم، استفاده از دمای پوشش سبز گیاه را مناسب دانستند (Sepaskhah and Kashefipour, 1995). استیل و همکاران استفاده از چهار روش را برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت شامل تانسیموتر، بیلان آب، دمای پوشش گیاه و مدل Cerez-Maize مفید دانستند. با استفاده از این روش‌ها حدود ۳۰٪ در مصرف آب صرفه جویی گردید (Steele et al., 2000). لوبو و همکاران با اندازه‌گیری دمای پوشش گیاه بهترین زمان آبیاری لوبیا را تعیین نمودند و ۳۸٪ در مصرف آب صرفه جویی کردند (Lobo et al., 2004). کرمونا و همکاران اظهار داشتند که با توجه به این که اندازه‌گیری دمای پوشش گیاه زمان شروع آبیاری را نشان می‌دهد، برای تعیین مقدار آبیاری یا زمان اتمام آبیاری می‌توان آنرا به صورت ترکیبی باروش‌های دیگر بکار برد (Cremona et al., 2004). شاهرخ‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) در آبیاری گوجه‌فرنگی، شاهرخ‌نیا و کرمی (۱۳۹۶) در برنامه ریزی آبیاری انگور باقوتی، و اردم و همکاران در برنامه ریزی آبیاری هندوانه و لوبیا، از اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه استفاده کرده و آنرا روش مناسبی دانستند (Erdem et al., 2005, 2006).

نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که انار گیاهی حساس به کم آبی بوده و مدیریت آبیاری تأثیر محسوسی بر عملکرد کمی و کیفی محصول آن دارد. استان فارس جایگاه نخست تولید انار در کشور را دارد و بررسی اثر تنش خشکی بر این محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اندازه‌گیری دمای پوشش گیاه، یکی از روش‌های مدیریت آبیاری و بررسی تنش خشکی بوده و در خصوص انار اطلاعات اندکی در این زمینه وجود دارد. بنابراین در این تحقیق به بررسی اثر کم آبی بر یک رقم معروف انار در استان فارس و تعیین خطوط تنش بالایی و پایینی برای آن پرداخته شده‌است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یکی از باغات دارای درختان انار رقم رباب نی‌ریز در شهرستان کازرون استان فارس اجرا شد. متوسط دراز مدت دما، رطوبت هوا، تبخیر و بارندگی منطقه بترتیب ۲۳ درجه سانتی‌گراد، ۴۲ درصد، ۳۰۳۸ میلی‌متر و ۳۴۶ میلی‌متر می‌باشد. با در نظر گرفتن ضریب باران موثر ارائه شده توسط فائو (۰/۷۵)، میزان باران موثر متوسط منطقه حدود ۲۶۰ میلی‌متر برآورد می‌گردد. خاک باغ تحت آزمایش با دارا بودن ۴۴ درصد شن، ۴۰ درصد سیلت و ۱۶ درصد رس در کلاس بافتی متوسط (Loam) قرار می‌گیرد. مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت ظرفیت مزرعه و رطوبت نقطه پژمردگی نیز با

نرم افزار SAS انجام شد.

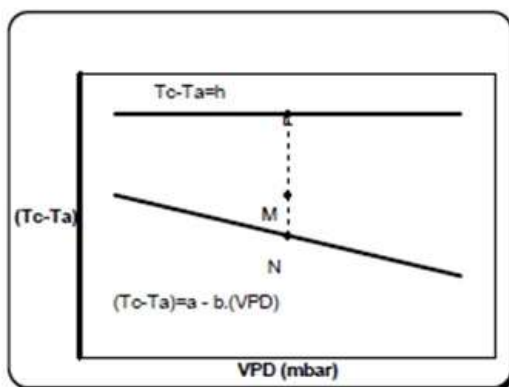
شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) را بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی‌تنش) و بالایی (خط بیش‌ترین تنش) معرفی شده است (Idso, 1982). این خطوط مبنای پایینی و بالایی، رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند (شکل ۱). در این شکل T_c و T_a بترتیب دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا و v_{pd} کمبود فشار بخار هوا می‌باشد. اندیس‌های u_l ، u نشان دهنده خطوط مبنای پایینی و بالایی می‌باشد. بدین ترتیب شاخص تنش آبی را به صورت رابطه ۱ می‌توان بیان نمود.

$$CWSI = \frac{MN}{LN} = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_u}{(T_c - T_a)_{u_l} - (T_c - T_a)_u} \quad (1)$$

با توجه به شکل (۱) مشاهده می‌گردد که در یک روز خاص با یک کمبود فشار بخار (v_{pd}) خاص، هر چه میزان تنش آبی بیش‌تر شود، تفاوت دمای گیاه و دمای هوا افزایش یافته، نقطه M به سمت بالا حرکت کرده و مقدار شاخص تنش آبی (CWSI) با توجه به رابطه (۱) افزایش می‌یابد. در این تحقیق برای هر یک از تیمارها،

نقاط اندازه‌گیری شده تفاوت دمای گیاه و هوا ($T_c - T_a$) در مقابل کمبود فشار بخار (v_{pd}) ترسیم و خطوط تنش بر اساس تعریف ایدسو به آنها برازش شد. به منظور تعیین معادله خط تنش بالایی به دو روش عمل شد. در روش اول از برون‌یابی خطوط تنش بدست آمده قبلی استفاده گردید. در روش دوم از روش ترسیمی ایدسو استفاده شد. اساس روش ترسیمی بر این اصل استوار است که وقتی هوا از بخار آب اشباع می‌شود، میزان تعرق گیاه نیز کم می‌شود ولی به صفر نمی‌رسد. بلکه به دلیل شیب فشار بخار بین پوشش گیاهی و هوا (AVPG) عمل تعرق ادامه خواهد داشت. بنابراین وقتی مقدار ($T_c - T_a$) بیشتر از مقدار عرض از مبدا خط مبنای پایینی شود، تعرق گیاه متوقف می‌شود. با قرار دادن مقدار AVPG در فرمول خط تنش پایینی، معادله خط مبنای تنش بالایی که به صورت خطی کاملاً افقی می‌باشد به دست می‌آید. در رابطه ۲، e_c^* فشار بخار اشباع در درجه حرارت گیاه، و e_a^* فشار بخار اشباع در درجه حرارت هوا می‌باشد.

$$AVPG = e_c^* - e_a^* \quad (2)$$



شکل ۱- موقعیت خط تنش بالایی و پایینی به روش ایدسو (۱۹۸۲)

نتایج و بحث

نتایج سال اول

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و جدول ۲ مقادیر آب آبیاری اعمال شده، میزان عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در سال اول آزمایش را نشان می‌دهد. جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آزمایش بر میزان محصول و بهره‌وری آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. طبق جدول ۲ بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار ۵ (تحت مدیریت باغدار) با ۳۵۲۹۳ کیلوگرم در هکتار بود که با کاهش میزان آب آبیاری، میزان عملکرد نیز به تدریج کاهش و به کمترین مقدار خود در تیمار ۱ (۲۰۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) رسید.

ارزیابی اقتصادی

به منظور انتخاب سودمندترین تیمار از لحاظ اقتصادی منافع و هزینه‌های حاصل از یک هکتار انار برآورد گردید. منافع از حاصل ضرب قیمت در عملکرد محاسبه شد. در این رابطه قیمت هر کیلوگرم انار سالم (تحویل در باغ) ۳۵۰۰ تومان و برای هر کیلوگرم انار دانه سفید یا انار با کیفیت پایین ۱۰۰۰ تومان در نظر گرفته شد. در مورد هزینه‌ها تنها هزینه میزان آب مصرفی در تیمارهای مورد بررسی متفاوت بود. جهت برآورد هزینه آب، قیمت سایه‌ای هر متر مکعب آب براساس هزینه اجاره آب در منطقه (به ازای هر متر مکعب آب ۲۷۷۸ تومان) منظور گردید.

محصول کمتر از نصف میزان کاهش آب آبیاری بوده است. بررسی مقادیر بهره‌وری آب آبیاری این موضوع را روشن‌تر می‌کند. مقادیر بهره‌وری آب آبیاری محاسبه شده در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱ و ۵ برابر با ۴/۲۳ و ۲/۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب بود. میزان آب مصرفی کل که جمع آب آبیاری و بارش موثر می‌باشد با در نظر گرفتن بارندگی موثر ۲۸۶ میلی‌متر، در تیمارهای مختلف از ۷۷۰۷ تا ۱۹۴۷۳ متر مکعب در هکتار متغیر بود. میزان بهره‌وری مصرف آب کل نیز در تیمارهای ۱ تا ۵ بترتیب از ۲/۶۶ تا ۱/۸۱ به دست آمد.

میزان کاهش محصول در تیمارهای مختلف کم آبی از ۲۲ درصد در تیمار ۴ تا ۴۲ درصد در تیمار ۱ متغیر بود. بیشترین میزان آب آبیاری مربوط به تیمار ۵ (تحت مدیریت باغدار) با ۱۶۶۱۴ مترمکعب در هکتار بود. کمترین میزان آب آبیاری مربوط به تیمار ۱ (آبیاری در تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد) با ۴۸۴۸ متر مکعب در هکتار بود که تقریباً ۷۱ درصد کمتر از تیمار ۵ بود. با کاهش ۷۱ درصدی در میزان آب آبیاری نسبت به تیمار تحت مدیریت باغدار، حدود ۴۲ درصد کاهش در میزان محصول مشاهده گردید. کاهش محصول با ۵۰ درصد کاهش مصرف آب (تیمار ۴)، ۲۲ درصد بود. بنابراین میزان کاهش

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های سال اول

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
بهره‌وری آب آبیاری	عملکرد		
۰/۱۰۸ ^{ns}	۲۴/۳۱۴ ^{ns}	۲	تکرار
۲/۰۸۹ ^{**}	۵۹۲/۴۸ ^{**}	۴	تیمارهای آزمایشی
۰/۰۲۴	۸/۴۰۴	۸	خطای آزمایش
۲/۲۲۱	۶۲۵/۱۹۷	۱۴	کل
%/۴/۵۰	%/۴/۴۰		ضریب تغییرات (C.V.)

جدول ۲- میزان عملکرد، بهره‌وری و آب آبیاری مصرفی در سال اول

تیمار	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کاهش محصول نسبت به تیمار ۵ (%)	آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی کل (مترمکعب در هکتار)	کاهش مصرف آب آبیاری نسبت به تیمار ۵ (%)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب کل (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار ۱	۲۰۵۲۰ d	۴۲	۴۸۴۸	۷۷۰۷	۷۱	۴/۲۳ a	۲/۶۶
تیمار ۲	۲۳۰۸۰ c	۳۵	۵۶۷۳	۸۵۳۲	۶۶	۴/۰۷ a	۲/۷۱
تیمار ۳	۲۵۵۷۳ bc	۲۸	۷۳۹۸	۱۰۲۵۷	۵۵	۳/۴۶ b	۲/۴۹
تیمار ۴	۲۷۴۱۳ b	۲۲	۸۳۵۹	۱۱۲۱۸	۵۰	۳/۲۸ b	۲/۴۴
تیمار ۵	۳۵۲۹۳ a	۰	۱۶۶۱۴	۱۹۴۷۳	۰	۲/۱۲ c	۱/۸۱

نتایج سال دوم

نتایج سال دوم آزمایش در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. مشاهده می‌گردد که نتایج کلی به دست آمده در سال دوم آزمایش تقریباً شبیه به نتایج سال اول آزمایش می‌باشد. در سال دوم بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب مربوط به تیمار ۱ و ۵ با ۴/۶۵ و ۱/۹۸ کیلوگرم بر متر مکعب بود. میزان آب آبیاری تیمارهای مختلف از ۴۶۱۹ تا ۱۸۱۵۹ متر مکعب در هکتار متغیر بود. حداکثر میزان کاهش مصرف آب آبیاری و کاهش محصول نسبت به تیمار تحت مدیریت باغدار بترتیب ۷۵ و ۴۰ درصد بود. مقادیر آب مصرفی کل با لحاظ نمودن ۱۵۳ میلی‌متر بارش موثر از ۶۱۴۷ تا ۱۹۶۸۷ متر مکعب در هکتار در تیمارهای ۱ تا ۵ متغیر بود. مقایسه مقادیر آب مصرفی در دو سال آزمایش نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی کلیه تیمارها در سال اول بیشتر از سال دوم بوده است. بررسی داده‌های هواشناسی

این دو سال نشان داد که در سال اول میزان تبخیر، متوسط دما و ساعات آفتابی بیشتر از سال دوم بوده که بدین معنی است که در سال اول نیاز آبی گیاه بیشتر بوده است.

میانگین نتایج دو سال آزمایش

نتایج تجزیه واریانس مرکب و میانگین عملکرد، بهره‌وری آب مصرفی کل و آب آبیاری مصرفی در دو سال آزمایش در جداول ۵ و ۶ آورده شده است. جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر سال و اثر متقابل سال و تیمار بر میزان عملکرد و بهره‌وری آب در سطح ۵٪ معنی‌دار نبوده است. اما اثر تیمارهای آزمایش بر میزان عملکرد و بهره‌وری آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس داده های سال دوم

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
بهره وری آب آبیاری	عملکرد		
۰/۱۲۵ ^{ns}	۲۷/۰۱۸ ^{ns}	۲	تکرار
۲/۹۲۹ ^{**}	۵۷۲/۴۵ ^{**}	۴	تیمارهای آزمایشی
۰/۰۴۷	۲۱/۲۱۵	۸	خطای آزمایش
۳/۱۰۱	۶۲۰/۶۸۵	۱۴	کل
%۶/۱۳	%۶/۷۴		ضریب تغییرات (C.V.)

جدول ۴- میزان عملکرد، بهره‌وری و آب آبیاری مصرفی در سال دوم

تیمار	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کاهش محصول نسبت به شاهد (%)	آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی کل (مترمکعب در هکتار)	کاهش مصرف آب آبیاری نسبت به شاهد (%)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب کل (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار ۱	۲۱۴۹۳ d	۴۰	۴۶۱۹	۶۱۴۷	۷۵	۴/۶۵ a	۳/۵۰
تیمار ۲	۲۳۹۷۳ c	۳۳	۵۹۶۸	۷۴۹۶	۶۷	۴/۰۲ b	۳/۲۰
تیمار ۳	۲۶۵۸۷ bc	۲۶	۷۵۳۶	۹۰۶۴	۵۹	۳/۵۳ c	۲/۹۳
تیمار ۴	۲۸۶۵۲ b	۲۰	۸۲۷۷	۹۸۰۵	۵۴	۳/۴۶ c	۲/۹۲
تیمار ۵	۳۵۹۳۳ a	۰	۱۸۱۵۹	۱۹۶۸۷	۰	۱/۹۸ d	۱/۸۳

گفت با افزایش آب آبیاری یا آب مصرفی کل، میزان محصول افزایش و بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کل کاهش قابل توجهی یافت. میزان کاهش مصرف آب در اثر مدیریت آبیاری در این تحقیق با نتایج چوپاد (۲۰۰۱) همخوانی دارد. همچنین میزان آب مصرفی انار با نتایج هولاند و همکاران (۲۰۰۹)، دینک و همکاران (۲۰۱۸)، آیارس و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۷)، و راد و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. مقادیر بهره‌وری آب به دست آمده در این بررسی با نتایج به دست آمده توسط طاوسی و همکاران (۱۳۹۵)، کومار و همکاران (۲۰۱۲)، اینترتگیولو و همکاران (۲۰۱۳)، پرویزی و همکاران (۲۰۱۴) و (۲۰۱۶)، سلاح ورزی و همکاران (۲۰۱۷) همخوان است.

نتایج بررسی میزان عملکرد نشان می‌دهد که تفاوت عملکرد تیمار ۱ با تیمار ۲، تیمار ۲ با تیمار ۳ و تیمار ۳ با تیمار ۴ از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. اما تفاوت عملکرد تیمارهای ۱، ۳ و ۵ باهم معنی‌دار می‌باشد. در مورد بهره‌وری آب، بجز تیمار ۳ و ۴، تفاوت سایر تیمارها با یکدیگر معنی‌دار می‌باشد. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب آبیاری بترتیب مربوط به تیمارهای ۱ و ۵ با ۴/۴۴ و ۲/۰۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود. می‌توان گفت که در دو سال آزمایش با ۷۳ درصد کاهش میزان آب آبیاری، میزان محصول ۴۱ درصد کاهش یافته است. میزان آب مصرفی کل در تیمار ۱ تا ۵ از ۶۹۲۷ تا ۱۹۵۸۰ متر مکعب در هکتار تغییر کرد. بهره‌وری مصرف آب کل نیز در تیمار تحت مدیریت باغدار ۱/۸۲ و در تیمارهای ۱ تا ۴ از ۳/۰۸ تا ۲/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. به طور کلی می‌توان

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب داده های آزمایشی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
بهره وری آب آبیاری	عملکرد		
۰/۰۶۹ ^{ns}	۴۲/۴۸۳ ^{ns}	۱	سال
۰/۱۱۷	۲۶/۰۶۵	۴	خطای آزمایش
۴/۹۴۶ ^{**}	۱۱۶۲/۳ ^{**}	۴	تیمارهای آزمایشی
۰/۰۷۲ ^{ns}	۰/۴۴۰ ^{ns}	۴	اثر متقابل سال × تیمار
۰/۰۳۵	۱۴/۸۹۶	۱۶	خطای آزمایش
۵/۲۳۹	۱۲۴۶/۱۸	۲۹	کل
%۵/۴۰	%۵/۷۵		ضریب تغییرات (C.V.)

جدول ۶- میانگین عملکرد، بهره‌وری و آب آبیاری مصرفی در دو سال

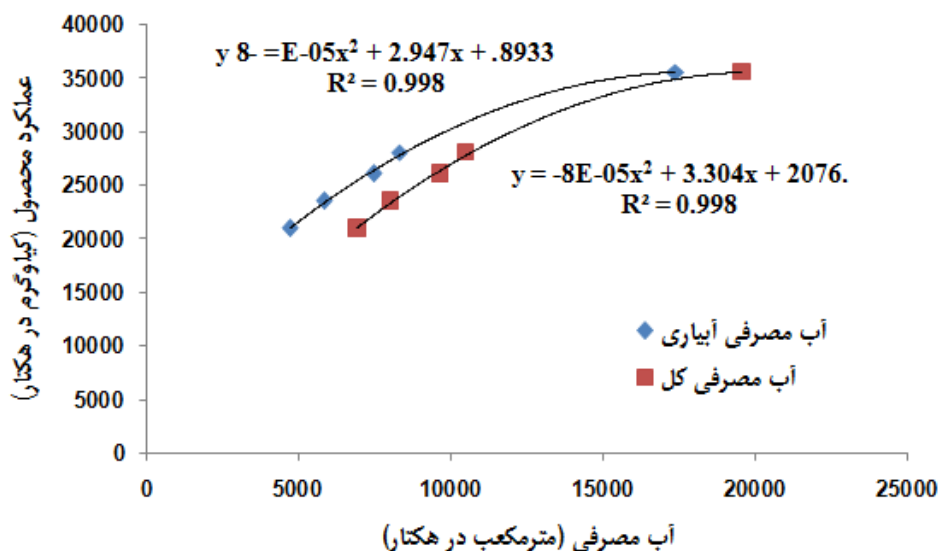
تیمار	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کاهش محصول نسبت به شاهد (%)	آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی کل (مترمکعب در هکتار)	کاهش مصرف آب نسبت به شاهد (%)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب کل (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار ۱	۲۱۰۰۷ d	۴۱	۴۷۳۳	۶۹۲۷	۷۳	۴/۴۴ a	۳/۰۸
تیمار ۲	۲۳۵۲۷ cd	۳۴	۵۸۲۰	۸۰۱۴	۶۷	۴/۰۴ b	۲/۹۵
تیمار ۳	۲۶۰۸۰ bc	۲۷	۷۴۶۷	۹۶۶۰	۵۷	۳/۴۹ c	۲/۷۱
تیمار ۴	۲۸۰۳۳ b	۲۱	۸۳۱۸	۱۰۵۱۱	۵۲	۳/۳۷ c	۲/۶۸
تیمار ۵	۳۵۶۱۳ a	۰	۱۷۳۸۷	۱۹۵۸۰	۰	۲/۰۵ d	۱/۸۲

*در هر ستون تیمارها در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن معنی‌دار بودند

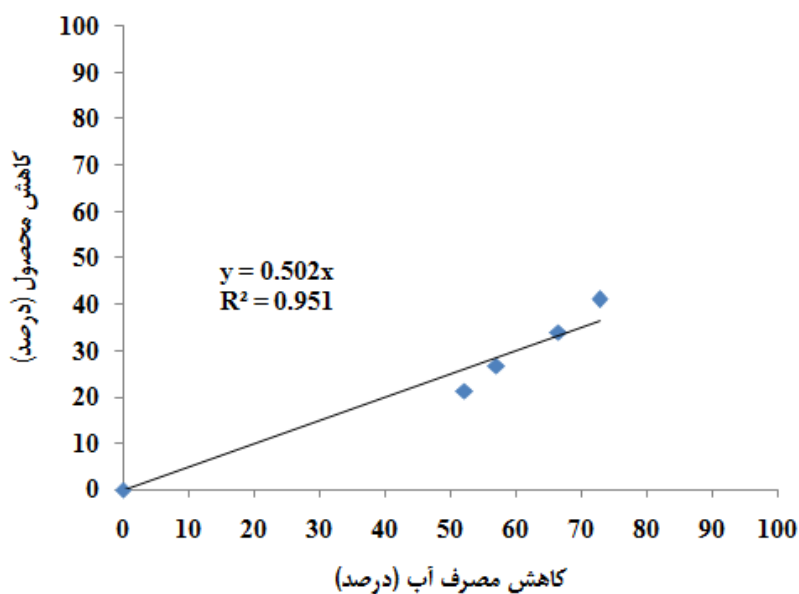
درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نماید و میزان آب مصرفی را از ۱۷۳۸۷ به ۱۲۱۷۰ برساند، میزان محصول ۱۵ درصد کاهش یافته و از ۳۵/۶ تن در هکتار به حدود ۳۰/۳ تن در هکتار می‌رسد.

شکل ۴ رابطه بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کل نسبت به آب مصرفی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان آب مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کل با رابطه‌ای توانی کاهش یافته و به حدود اعداد ۲ و ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب رسیده است. شکل ۵ رابطه درصد کاهش محصول تیمارهای مختلف نسبت به شاهد با میزان آب مصرفی آبیاری و آب مصرفی کل را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که با افزایش آب مصرفی، میزان کاهش محصول نسبت به شاهد به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد. بنابراین در شرایطی که میزان آب مصرفی توسط باغدار بیشتر از حد مورد نیاز است، با کاهش مقدار قابل توجهی آب، کاهش محصول کم خواهد بود.

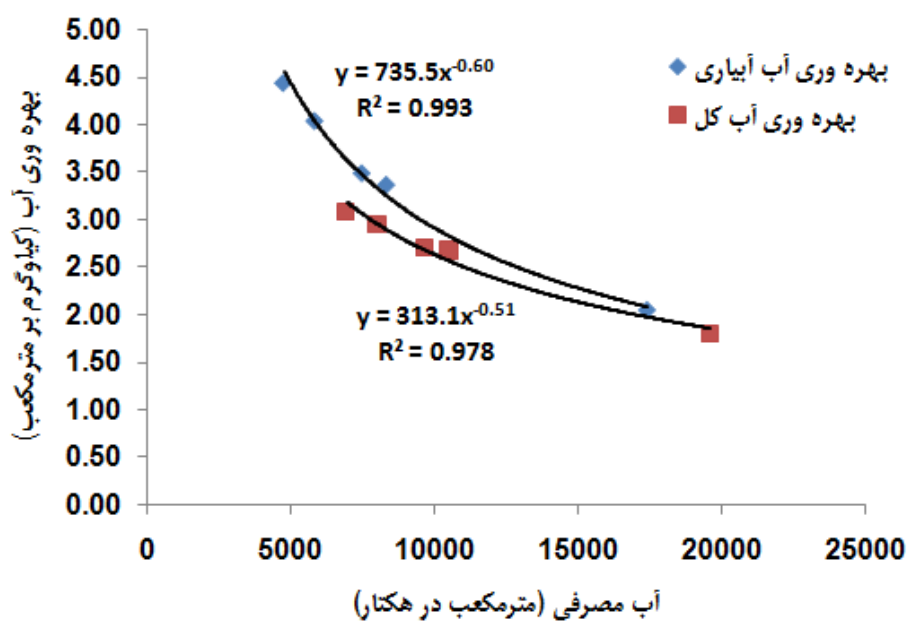
شکل ۲ رابطه بین میزان عملکرد محصول و آب مصرفی را نشان می‌دهد. در گیاهان زراعی و باغی با افزایش میزان آب کل دریافتی تا یک حد مشخص، افزایش محصول و پس از این حد گیاه دچار کاهش محصول می‌شود. این حد برای گیاهان مختلف متفاوت است. رابطه برآزش شده به این داده‌ها نشان می‌دهد که حداکثر میزان محصول تولیدی در آب آبیاری ۱۸۴۲۰ یا آب کل ۲۰۶۵۰ متر مکعب در هکتار بوده و پس از آن با افزایش میزان آب مصرفی، عملکرد کاهش یافته است. جدول ۶ نشان می‌دهد میزان آب مصرفی کل و آبیاری تیمار ۵ بترتیب با مقادیر ۱۷۳۸۷ و ۱۹۵۸۰ متر مکعب در هکتار تقریباً نزدیک به این دو مقدار می‌باشد. شکل ۳ رابطه درصد کاهش محصول به درصد کاهش آب آبیاری را نشان می‌دهد. این رابطه که برای پیش‌بینی میزان محصول در اثر کاهش مصرف آب مفید است، نشان می‌دهد که با کاهش میزان آب آبیاری، میزان کاهش محصول حدوداً نصف خواهد بود. بعنوان مثال اگر باغدار ۳۰



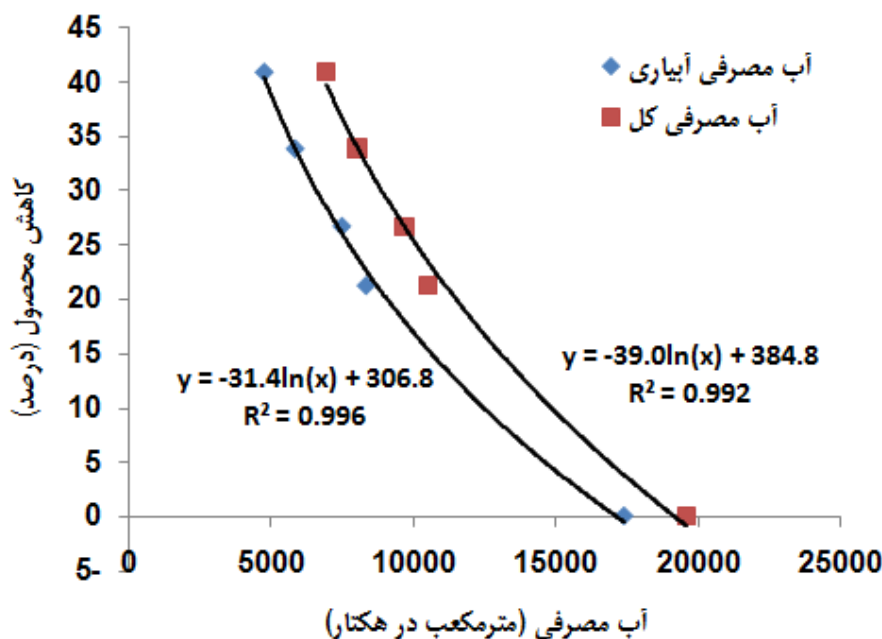
شکل ۲- رابطه عملکرد محصول انار رقم رباب با مقدار آب مصرفی آبیاری و آب مصرفی کل



شکل ۳- رابطه درصد کاهش محصول انار رقم رباب به درصد کاهش آب آبیاری در آزمایش حاضر



شکل ۴- تغییرات بهره‌وری آب نسبت به آب مصرفی درختان انار رقم رباب



شکل ۵- رابطه کاهش محصول درختان انار رقم رباب با میزان آب مصرفی

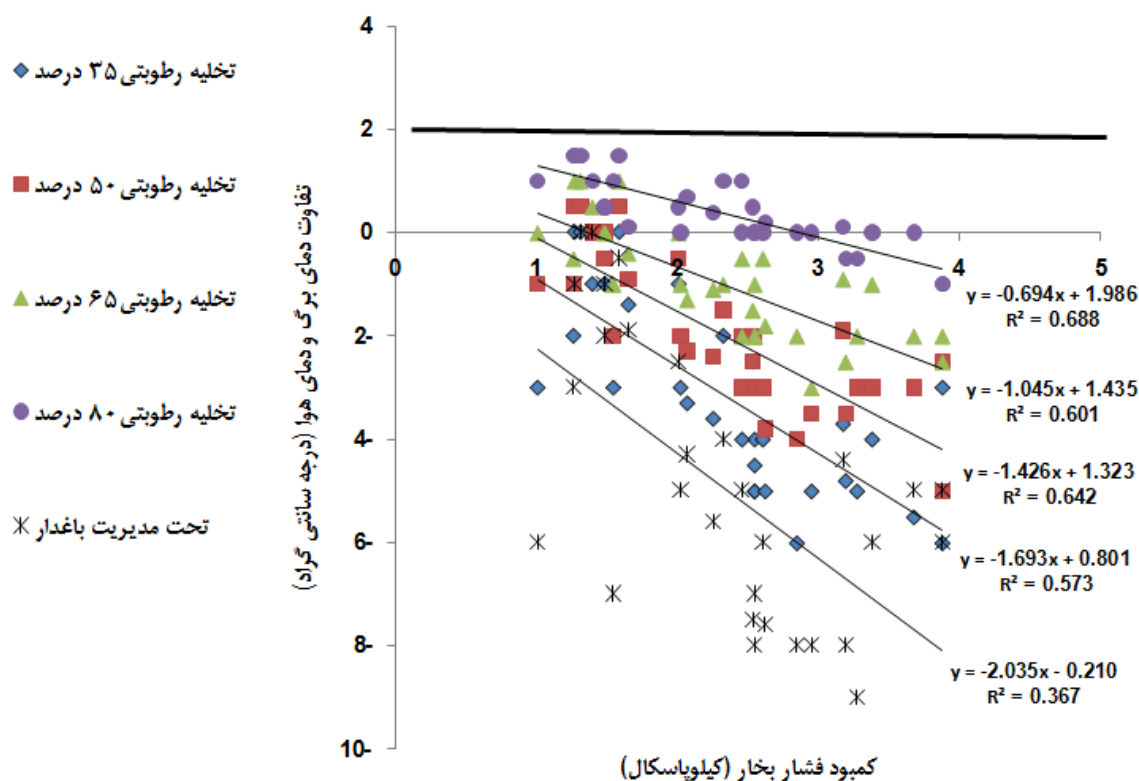
توان از روابط ارائه شده در این تحقیق برای سایر ارقام انار نیز استفاده نمود.

جدول ۷ نتایج تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی را در باغ مورد آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر سود خالص، اقتصادی‌ترین تیمار، تیمار ۴ (تخلیه رطوبتی ۳۵٪) و پس از آن تیمار ۲ (تخلیه رطوبتی ۶۵٪) می‌باشد. تیمار ۳ (تخلیه رطوبتی ۵۰٪) و تیمار ۵ (تحت مدیریت باغدار) از نظر اقتصادی تقریباً نزدیک به هم می‌باشند. غیر اقتصادی‌ترین تیمار، تیمار ۱ (تخلیه رطوبتی ۸۰٪) می‌باشد. بنابراین اگرچه تیمار تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد بیشترین میزان بهره‌وری آب را داشت، اما چون از نظر اقتصادی قابل توجه نیست، مورد قبول باغداران نیز قرار نخواهد گرفت. بنابراین به نظر می‌رسد بهترین تیمار مدیریت آبیاری در این تحقیق با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، صرفه‌جویی در میزان آب و کمترین تنش آبی وارده به گیاه تیمار آبیاری در تخلیه رطوبتی ۳۵ درصد (تیمار ۴) باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مقدار آب داده شده به درختان انار رقم رباب نی‌ریز تأثیر معنی‌داری بر میزان محصول تولیدی دارد به گونه‌ای که حداکثر میزان محصول تولیدی در میزان آب کل (آب آبیاری + باران موثر) ۲۰۶۵۰ متر مکعب در هکتار و به میزان حدود ۳۶ تن در هکتار مشاهده شد. با کاهش میزان آب مصرفی از این حد، میزان محصول نیز کاهش یافت که میزان کاهش محصول حدود نصف میزان کاهش مصرف آب بود.

شکل ۶ رابطه تفاوت دمای برگ گیاه و هوا (Tc-Ta) با کمبود فشار بخار (vpd) را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. طبق روشی که توسط ایدسو (۱۹۸۲) ارائه گردیده، با داشتن خط مبنای تنش پایینی (Lower stress baseline) و خط مبنای تنش بالایی (Upper stress baseline) می‌توان زمان شروع آبیاری را از طریق اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه به وسیله دماسنج مادون قرمز دستی تعیین نمود. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، تحقیقات قبلی (طاوسی و همکاران، ۲۰۱۵ و بوگونو و همکاران، ۲۰۱۶)، و توصیه‌های فائو، می‌توان تخلیه رطوبتی ۳۵ درصد را بعنوان شروع تنش آبی و خط مربوطه را بعنوان خط مبنای تنش پایینی برای درخت انار رقم رباب نی‌ریز در نظر گرفت. برای استخراج خط مبنای تنش بالایی لازم بود تیماری با تنش آبی حداکثر (تخلیه رطوبتی ۱۰۰ درصد یا بدون آبیاری) به تحقیق اضافه شود، که این امر به دلیل احتمال آسیب جدی به درختان باغ امکان‌پذیر نبود. اما با استفاده از دو روش مختلف، خط مبنای تنش بالایی استخراج گردید. با استفاده از برون‌یابی سایر خطوط، خط مبنای تنش بالایی که خطی راست و کاملاً افقی است برای تخلیه رطوبتی ۱۰۰ درصد به دست آمد (y=2.18). با استفاده از روش گرافیکی ارائه شده توسط ایدسو، معادله خط مبنای تنش بالایی به شکل (y=1.98) به دست آمد. بنابراین می‌توان با تقریب، خط (y=2.0) را بعنوان خط مبنای تنش بالایی در نظر گرفت. با توجه به اینکه در تحقیقات قبلی داخل و خارج کشور خطوط تنش پایینی و بالایی برای درختان انار ارائه نگردیده است، تا زمان ارائه روابط مناسب برای سایر ارقام انار، می



شکل ۶- رابطه تفاوت دمای برگ و هوا با کمبود فشار بخار در تیمارهای مختلف آبیاری درختان انار رقم رباب

جدول ۷- هزینه و منافع محاسبه شده بر اساس نتایج آزمایش برای یک هکتار باغ انار

تیمار	درآمد ناخالص (میلیون ریال در هکتار)	کل هزینه سالانه (میلیون ریال در هکتار)	سود خالص (میلیون ریال در هکتار)	رتبه بندی اقتصادی
تیمار ۵	۹۵۰	۸۹۱	۵۹	۳
تیمار ۴	۸۱۸	۶۳۹	۱۷۹	۱
تیمار ۳	۶۷۳	۶۱۶	۵۷	۴
تیمار ۲	۶۴۷	۵۷۰	۷۷	۲
تیمار ۱	۴۲۰	۵۴۰	-۱۲۰	۵

از این روابط، با دقت کمتر در سایر نقاط و سایر رقم ها نیز بهره جست که انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه پیشنهاد می شود.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین پور، ر.، و عبدشاه، ه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶، جلد سوم: محصولات باغبانی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

راد، م.ه.، اصغری، م.ر.، و عصاره، م.ح. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر

بنابراین موضوع برنامه ریزی و مدیریت آبیاری در باغات انار موضوع مهمی است که بایستی مدنظر قرار گیرد. تجزیه و تحلیل های اقتصادی نشان داد که تیمار آبیاری در تخلیه رطوبتی ۳۵٪ بیشترین میزان سود خالص را در بر داشته و طبق نتایج تحقیقات گذشته این تیمار می تواند بعنوان تیمار شروع تنش آبی در انار در نظر گرفته شود. با استفاده از نتایج این تحقیق، اندازه گیری دمای پوشش سبز گیاه و روش ایدسو، خطوط تنش مبنای بالایی و پایینی برای درخت انار به دست آمد که از روابط این خطوط می توان برای مدیریت آبیاری باغات انار رقم رباب نی ریز در منطقه استفاده کرد. با توجه به عدم یافت معادلات مشابه برای درختان انار در کشور و دنیا، می توان

- irrigation scheduling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30:195-202.
- Erdem, Y., Erdem, T., Orta, H., and Okursoy, H. 2005. Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). Journal of Central European Agriculture 6: 449-460.
- Holland, D., Hatib, K., and Bar-Yáakov, I. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. In: Horticultural Reviews, Janick, J. (ed.), 35, Wiley-BlackWell Publication.
- Idso, S.B. 1982. Non-water stressed base line: A key to measuring and interpreting plant water stress. Agricultural Meteorology 27: 59-70.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J. and Hatfield, J.L. 1981. Normalizing the stress-degree day parameter for environmental variability, Agricultural Meteorology 24: 45-55.
- Intrigliolo, D.S., Bonet, L., Nortes, P.A., Puerto, H., Nicolas, E., and Bartual, J. 2013. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. Irrigation Science 31: 959-970.
- Kumar, S., Singh, R., Asrey, R., and Nangare, D.D. 2012. Techno-economic evaluation of integrating canal water harvesting and drip irrigation for pomegranate production in a dry eco-region. Irrigation and Drainage 61(3): 366-374.
- Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J., and Perez-Gago, M.B. 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. Agricultural Water Management 125: 61-70.
- Lobo, F.A., Oliva, M.A., Resende, M., Lopes, N.F., and Maestri, M. 2004. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 39: 113-121.
- Marathe, R.A., Babu, K.D., and Chaudhari, D.T. 2018. Nutrient uptake, growth and yield of pomegranate as influenced by irrigation frequencies under light textured soils. Journal of Environmental Biology 39: 143-148.
- Mena, P., Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Ondona, S., Garcia-Viguera, C., Ferreres, F., Torecillas, A., and Gil-Izquierdo, A. 2013. Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 1922-1927.
- Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., and Ahmadi, S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* L. cv. Rabab) under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management 163:146-158.
- رشد، عملکرد و کیفیت میوه انار (*Punica granatum* L.) رقم رباب نی‌ریز در شرایط اقلیمی خشک. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۳۱(۱): ۷۵-۹۰.
- شاهرخ نیا، م.ع.، و کرمی، م.ج. ۱۳۹۶. بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری بر عملکرد انگور یاقوتی. مجله مهندسی آبیاری و آب، ۲۸: ۱۰۸-۱۲۲.
- شاهرخ نیا، م.ع.، جوکار، ل. و رخسند رو، م. ۱۳۹۵. بررسی تنش آبی با استفاده از شاخص‌های دمای برگ و رطوبت خاک بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گوجه‌فرنگی نشایی. مجله مهندسی آبیاری و آب، ۲۶: ۹۷-۱۱۱.
- طاوسی، م.، کاوه، ف.، علیزاده، ا.، بابازاده، ح.، و تهرانی فر، ع. ۱۳۹۵. اثر کم آبیاری و شوری بر میوه انار رقم شیشه‌کپ (مطالعه موردی شهرستان فردوس، خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰(۴): ۴۹۹-۵۰۷.
- کاوند، م.، ارزانی، ک.، برزگر، م.، و میرلطیفی، م. ۱۳۹۶. تأثیر سایبان، محلول پاشی کاتولین، تنک میوه و آبیاری تکمیلی بر کاهش عارضه سفیدشدگی آریل انار رقم ملس ترش ساوه. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۳۳(۱): ۸۵-۱۱۲.
- Ayars, J.E., Phene, C.J., Phene, R.C., Gao, S., Wang, D., Day, K.R., and Makus, D.J. 2017. Determining pomegranate water and nitrogen requirements with drip irrigation. Agricultural Water Management 187: 11-23.
- Bugueño, F., Livellara, N., Varas, F., Undurraga, P., Castro, M., and Salgado, E. 2016. Responses of young *Punica granatum* plants under four different water regimes. Ciencia e Investigacion. Agraria 43(1): 49-56.
- Chopade, S.Q., Gorantiwar, S.D., Pampattiwar, P.S., and Supe, V.S. 2001. Response of pomegranate to drip, bubbler and surface irrigation methods. Advances in Horticulture and Forestry 8: 53-59.
- Clawson, K.L., and Blad, B.L. 1982. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. Agronomy Journal 74: 311-316.
- Cremona, M.V., Stutzler, H. and Kage, H. 2004. Irrigation scheduling of Kohlrabi using crop water stress index. Horticultural Science 39(2): 276-279.
- Dinc, N., Aydinsakir, K., Isik, M., Bastug, R., Ari, N., Sahin, A., and Buyuktas, D. 2018. Assessment of different irrigation strategies on yield and quality characteristics of drip irrigated pomegranate under Mediterranean conditions. Irrigation Science 36: 87-96.
- Erdem, Y., Sehirali, S., Erdem, T., and Kenar, D. 2006. Determination of crop water stress index for

- Steele, D.D., Stegman, E.C., and Knighton, R.E. 2000. Irrigation management for corn in the northern Great Plains, USA. *Irrigation Science* 19(3): 107-114.
- 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 of Materials and Environmental Science* 6(7): 1975-1980.
- Zhang, H., Wang, D., Ayars, J.E., and Phene, C.J. 2017. Biophysical response of young pomegranate trees to surface and sub-surface drip irrigation and deficit irrigation. *Irrigation Science* 35: 425-435.
- Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., and Ahmadi, S.H. 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabab) orchard. *Agricultural Water Management* 146: 45-56.
- Selahvarzi, Y., Zamani, Z., Fatahi, R., and Talaei, A.R. 2017. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. Shahvar). *Agricultural Water Management* 192: 189-197.
- Sepaskhah, A.R., and Kashefipour, S.M. 1995. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 27: 331-340.

Influence of Different Irrigation Management on Rabab-Neyriz Pomegranate Cultivar in Kazerun City of Fars Province

M.A. Shahrokhnia^{1*}, A. Bonyanpur², D. Mohammadi³
Received: Jul.17, 2020 Accepted: Oct.25, 2020

Abstract

Although pomegranate is one of the major horticultural products in Iran, little research has been done on its irrigation management. In order to investigate the effect of irrigation management on the yield and productivity of 'Rabab-Neyriz' pomegranate trees, an experiment was conducted in one of the pomegranate orchards of Kazerun city in Fars province. Experimental treatments included irrigation at different amounts of available soil moisture depletion at 35, 50, 65 and 80%. A treatment that was completely irrigated by the orchard owner was also considered as control. The experiment was performed in a randomized complete block design with three replications. Soil moisture was measured in different treatments with gypsum block moisture meter. After the soil moisture reached the desired limits, the required amount of irrigation was applied to bring the soil moisture to the field capacity. The orchard was equipped with drip irrigation system and the amount of irrigation water was measured by calibrated flow meters. The experiment was performed for two years and the amount of water used, the yield and water productivity in different treatments were estimated and evaluated by comparing the average values. By measuring the temperature of plant canopy and other required meteorological parameters, the upper and lower stress baselines were extracted by Idso method. Economic analysis was also performed by estimating cost and revenue. The results showed that with the increase of the total water to 19580 cubic meters per hectare (control), the amount of crop yield also increased to 36 tons per hectare, while at soil moisture depletion of 35% the total used water was 10511 cubic meter and the yield was 28 tons per hectare. The total water productivity in different treatments varied from 1.82 to 3.08 kg / m³, which decreased with increasing the applied water. Differences in water productivity and yield between the 35 and 50% moisture depletion treatments were not statistically significant. Economically, the best treatment for irrigation was the 35% moisture depletion that according to the previous studies, it can be considered as the beginning of water stress in the pomegranate tree. The lower and upper stress baselines obtained in this study, which has not been reported in previous studies, can be used as a tool to manage the irrigation of pomegranate trees in the study area and other similar regions. Therefore, in general, the best treatment of experiment was irrigation at 35% soil moisture depletion. In low water areas up to 50% soil moisture depletion also brings good results.

Keywords: Neyriz, Plant canopy temperature, Pomegranate, Soil moisture depletion, Water productivity

1- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
3- Economic, Social and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
(* - Corresponding Author Email: mashahrokh@yahoo.com)