

تعیین نیازآبی ارقام گل رز در گلخانه هیدروپونیک

فاطمه کیخایی^۱، قاسم زارعی، ناصر گنجی خرم‌دل و صادق صادقی

عضویت علمی بخش آبیاری و فیزیک خاک موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

Keykhaei80@gmail.com

دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

ghzareei4554@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک، ایران.

naser.ganjikhorrandel@gmail.com

کارشناس ارشد طرح توسعه گلخانه های کشور. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران

psadeghi2002@gmail.com

دریافت: بهمن ۱۳۹۸ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

یکی از راهکارهای کاهش تلفات آب در کشاورزی، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری است که اساس آن را برآورد دقیق نیازآبی گیاهان تشکیل می‌دهد. به‌منظور تعیین نیاز آبی سه رقم گل رز، تحقیقی به‌مدت یک سال در گلخانه‌ای هیدروپونیک مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای در شهرستان اراک و با استفاده از لایسیمترهای زهکش‌دار انجام شد. میزان تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از یک میکرو لایسیمتر زهکش‌دار دارای کشت چمن، برای محاسبه نیاز آبی از روش بیلان آبی استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار کل تبخیر-تعرق مرجع در گلخانه طی یک سال انجام پژوهش، ۱۶۰۸ میلی‌متر بود. همچنین مقدار کل تبخیر-تعرق رز رقم آتشی در این دوره رشد ۱۴۲۳ میلی‌متر، رقم لب صورتی ۱۴۸۰ میلی‌متر و رقم سفید، ۱۳۱۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر-تعرق ارقام رز در طول سال برابر ۳/۸ میلی‌متر در روز بدست آمد. با توجه به چند ساله بودن بوته‌های رز، ضریب گیاهی دارای مراحل چهارگانه نبود و مقدار ضریب گیاهی ارقام رز در هردهه بین ۰/۷ تا ۰/۹۶ تغییر نمود و متوسط ضریب گیاهی ارقام رز در طول سال برابر ۰/۸۱ بدست آمد. همچنین متوسط مقدار آب مصرفی ارقام رز در طول یک سال برابر ۲۰۵۷۳ مترمکعب در هکتار به ازای تراکم کشت ۷۵۰۰۰ بوته رز در هکتار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، میکرو لایسیمتر، تبخیر-تعرق مرجع

مقدمه

افزایش توسعه گلخانه‌ها با توجه به خشکسالی‌ها و بحران کم آبی در کشور، اجتناب ناپذیر است. یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش تولید در محصولات گلخانه ای، برنامه ریزی و مدیریت مناسب آبیاری است که در آن تعیین نیاز آبی نقش اساسی دارد. چنانچه نیاز آبی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری کمتر از مقدار نیاز آبی واقعی گیاه لحاظ گردد باعث بروز علائم ناشی از تنش خشکی در گیاه مانند توقف رشد، کوچک‌تر شدن برگ، کوتاه شدن فاصله میان گره‌ها، بدشکل شدن و ریزش برگ‌ها، سوختگی حاشیه برگ‌ها و نیز کاهش عملکرد می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین بیش از حد لحاظ نمودن نیاز آبی نیز افزون بر این که باعث افزایش رطوبت بستر، رطوبت زیر پوشش و کاهش عبور نور به داخل گلخانه شده، مشکلاتی مانند افزایش ارتفاع، آبدار شدن ساقه و نرم و شکننده شدن آن، کاهش اکسیژن خاک و صدمه به ریشه و عدم جذب آب و مواد غذایی و سرانجام پژمردگی، توقف رشد گیاه و نیز گسترش بیماری‌ها و آفات را به همراه دارد (ابراهیمی بیرنگ، ۱۳۸۴). در مطالعه تیواری و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۱۴) بیان شده است که سیستم آبیاری قطره‌ای یکی از اجزای مهم کشت گلخانه‌ای می‌باشد. رز شاخه بریده مهم‌ترین گل شاخه بریده جهان است و از نظر تجاری رتبه اول را دارد و سالانه حدود ۴۰ بیلیون شاخه رز در جهان استفاده می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۱۶). گل‌های شاخه بریده سهم عمده‌ای در تولید گل و گیاهان زینتی ایران نیز دارند به طوری که در سال ۱۳۹۶ مساحت گلخانه‌های گل‌های شاخه بریده در کشور برابر ۱۹۹۹/۵ هکتار از ۲۴۶۹/۷ هکتار مربوط به گل و گیاهان زینتی بود و در استان مرکزی مساحت گلخانه‌های استان برابر ۴۴۰/۲ هکتار بود که ۲۶۸ هکتار آن به گل‌های شاخه بریده اختصاص داشت (عباد زاده و همکاران، ۱۳۹۷). گل رز یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده در ایران است. رزهای شاخه بریدنی، برخلاف بیشتر گیاهان زینتی، به دلیل برداشت پیوسته در طول فصل، نوسانات زیادی در سطح تعرقی خود نشان می‌دهند. افزون بر

برداشت شاخه گل، تولید پیوسته برگ‌های جوان، باعث حساسیت زیاد رزهای بریدنی به تنش آبی می‌شود (راویو و بلوم، ۲۰۰۱). از این رو با توجه به موارد یاد شده، تعیین نیاز آبی این گیاهان به منظور داشتن یک مدیریت خوب و مؤثر در آبیاری در شرایط کنترل شده گلخانه، امری اجتناب‌ناپذیر است. در رابطه با مدیریت آبیاری و نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای تلاش بر این است تا آب آبیاری با بیشترین بهره‌وری ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. تعیین آب مصرفی نیازمند محاسبه تبخیر-تعرق محصول می‌باشد. روش بیلان آبی یک روش آسان و ساده در مقایسه با روش‌های متعدد دیگر موجود در منابع علمی است. تبخیر-تعرق با استفاده از روش بیلان آبی با در نظر گرفتن تغییرات در ذخیره رطوبت، بین دوره‌های مورد محاسبه، آبیاری و میزان آب زهکشی در گلخانه تعیین می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۱۱). ضریب گیاهی یک پارامتر مهم برای تخمین تبخیر-تعرق گیاه است. این ضریب نسبت تبخیر-تعرق محصول به تبخیر-تعرق مرجع بوده و در برنامه‌ریزی آبیاری در مقیاس منطقه‌ای با تخمین تبخیر-تعرق محصول به کار می‌رود. مقدار ضریب گیاهی بیانگر میزان مصرف ویژه هر محصول بوده و برای تخمین دقیق و صحیح نیاز آبیاری یک یا چند محصول در شرایط اقلیمی مختلف ضروری است (ما و ژیاو، ۲۰۰۶). ویلارنال-گوئررو و همکاران (۲۰۱۲) در طی پژوهشی سه روش استانگیلینی، پنمن مانیت و تاکاکورا را برای شبیه سازی و محاسبه تبخیر-تعرق در گلخانه‌های دارای تهویه طبیعی و مجهز به سامانه مه‌پاش، مقایسه نمودند. نتایج نشان داد روش استانگیلینی کمترین انحراف معیار را از داده‌های اندازه‌گیری شده دارد. کومورو و همکاران (۱۹۹۰) در ژاپن، نیاز آبیاری خیار گلخانه‌ای را که با استفاده از روش‌های مختلف آبیاری می‌شوند به دست آوردند. نتایج حاصله از این تحقیق، بیانگر این نکته بود که در روش آبیاری قطره ای نسبت به دیگر روش‌های آبیاری، در گلخانه آب کمتری برای رشد گیاهان مصرف شده‌است. ضریب گیاهی (kc) گل همیشه بهار در شرایط گلخانه و با روش آبیاری قطره ای در کشور هند توسط سوچیتا و همکاران (۲۰۲۰) انجام

شاخه‌های ممتاز و قطر گل داشت و پیشنهاد شد تا برای حصول کیفیت مطلوب رزه‌های شاخه بریده، آب کافی در دسترس این گیاه قرار گیرد. کابلروو همکاران (۱۹۹۶) آب مصرفی گل رز را در فصل تابستان و زمستان به ترتیب ۲/۵-۳/۶ و ۱-۲/۵ میلی‌متر در روز گزارش نمودند. امپوسیا (۲۰۰۶) نیازآبی گل رز را در داخل و خارج گلخانه در منطقه Naivasha کشور کنیا مقایسه نمود. در این تحقیق تبخیر-تعرق واقعی در بستر کشت هیدروپونیک در گلخانه با استفاده از بیلان آبی به دست آمد. در شرایط خارج گلخانه، تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از معادله پنمن مانتیس فائو برآورد و به کمک تصاویر ماهواره‌ای، تبخیر-تعرق واقعی محاسبه شد. نتایج نشان داد که تبخیر-تعرق واقعی گیاه رز در شرایط گلخانه ۶۵٪ مقدار آن در محیط آزاد است. در پژوهشی در کشور هند، تبخیر-تعرق گل رز و ضریب گیاهی به روش بیلان آب در خاک از کاشت تا گلدهی در شرایط گلخانه بدست آمد. بیشترین مقدار روزانه تبخیر تعرق برابر ۴/۹۹ و آب مورد نیاز برابر ۹۹۹/۵ میلی‌متر بدست آمد و مقدار ضریب گیاهی در بازه ۰/۴۸ تا ۰/۹۶ در طول دوره رشد بدست آمد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱). رز شاخه بریده را هم می‌توان بصورت خاکی و هم هیدروپونیک کشت کرد، اما باتوجه به گرانی پایه گل رز بهتر است به صورت هیدروپونیک کشت گردد تا بتوان بستر آن را راحت‌تر کنترل کرد و مواد غذایی را به آن رساند. میزان نیاز آبی گل رز بستگی به خاک و فصل کشت دارد و خاک‌های سبک نیاز به تعداد دفعات آبیاری بیشتری نسبت به خاک‌های سنگین دارند (بی‌نام، ۱۳۹۲). همچنین بستر رشد باید از زهکشی مناسبی برخوردار باشد تا آب اضافی را از خود عبور دهد، چرا که ایستابی آب باعث آسیب دیدن ریشه گل می‌شود. در تعیین حق‌آبه گلخانه‌ها افزون بر آب مصرفی گیاهان کشت شده، به آب مورد نیاز تجهیزات ضروری گلخانه مانند سامانه‌های سرمایش تبخیری نیز که به آب احتیاج دارند، توجه نموده و در محاسبه آب مصرفی در تولید محصول و حقایبه حساب آید هرچند کارآیی سرمایش سیستم تبخیری فن و پد نیز تحت تاثیر عوامل متعددی است که بدون مدیریت

شد. نتایج نشان داد که KC گل همیشه بهار در مرحله ابتدایی برابر ۰/۳۷، مرحله میانی ۰/۸ و مرحله انتهایی رشد ۰/۴۷ بدست آمد. دلاور و همکاران (۱۳۹۴) در شهرستان ورامین نیاز آبی گل مریم در گلخانه را برای فصل رشد، ۱۴۴ روزه، ۳۵۰ میلی‌متر به دست آوردند. متوسط تبخیر-تعرق واقعی این گل ۲/۵ میلی‌متر در روز گزارش شده است.

شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱) نیازآبی و ضرایب گیاهی گیاه بومادران در منطقه کرج را با استفاده از لایسیمتر بدست آوردند، نتایج آن‌ها نشان داد که نیازآبی گیاه دارویی بومادران حدود ۱۴۹/۷۲ میلی‌متر می‌باشد. در تحقیق هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) نیازآبی گل همیشه بهار توسط لایسیمتر، ۳۲۰/۶ میلی‌متر برآورد شد. همچنین ضرایب گیاهی این گیاه در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۷۱، ۱/۲۸، ۱/۵ و ۰/۶۶ بدست آمد. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی نیاز آبی گل محمدی را با استفاده از لایسیمتر در کرج بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان تبخیر-تعرق گل محمدی تا پایان رشد برابر ۱۱۴۷ میلی‌متر بود. امیدی و همکاران (۱۳۹۶) نیازآبی و ضرایب گیاهی گل سوسن را در شرایط گلخانه در منطقه رشت بدست آوردند. نتایج تحقیق دو ساله نشان داد که مقدار کل تبخیر-تعرق گل سوسن در طول دوره رشد ۶۰ روزه در بستر کشت خاکی برابر ۵۹ میلی‌متر بود و در بستر هیدروپونیک به میزان ۹۹/۸ میلی‌متر بود همچنین میانگین ضرایب گیاهی گل سوسن بین ۰/۳ تا ۰/۷۱ در بستر خاکی و ۰/۳۲ تا ۰/۶۶ در بستر هیدروپونیک بدست آمد.

مطالعات علمی-پژوهشی محدودی برای کشت گل رز در شرایط گلخانه در خصوص نیاز آبی و مدیریت آبیاری گل رز انجام شده است. دولتخواهی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی اثر تنش آبی را بر کیفیت رز شاخه بریده بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاهش رشد رویشی رز در اثر تنش آبی، منجر به کاهش سطح برگ و محصول شد. همچنین تنش آبی اثرات نامطلوبی بر تعداد

آنها، سیستم سرمایشی گلخانه ها، کارآیی مناسبی نخواهد داشت. این موضوع با توجه به کمبود منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲).

از مهمترین اهداف توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقاء بهره‌وری تولید و بالابردن کارایی مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اصولاً از دو راه امکان‌پذیر است: ۱- نگاه داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی توأم با کاهش آب مصرفی ۲- افزایش عملکرد به‌ازای آب مصرفی. در رابطه با مدیریت آبیاری، میزان آب مصرفی و نیازآبی در دنیا مطالعات متعددی انجام شده‌است تا آب آبیاری با بیشترین راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. لیکن نتایج بررسی‌ها نشان داد که در زمینه‌ی برآورد نیازآبی گل رز گلخانه‌ای به‌خصوص در بستر هیدروپونیک پژوهش‌های اندکی صورت گرفته‌است. با توجه به کمبود پژوهش‌های انجام یافته درخصوص نیازآبی گل و گیاهان زینتی در داخل و خارج کشور و توسعه برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی در خصوص کشت‌های گلخانه‌ای، این تحقیق با هدف تعیین تبخیر- تعرق سه رقم گل رز و ضرایب گیاهی این گیاه به‌صورت کشت هیدروپونیک در شرایط گلخانه، انجام شد.

روش بررسی

این تحقیق در گلخانه‌ای هیدروپونیک واقع در شهرک گلخانه‌ای امان‌آباد شهرستان اراک به مدت یک سال از تاریخ ۹۴/۵/۱ الی ۹۵/۴/۳۱ اجرا شد. اقلیم شهر اراک بر اساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک و بر اساس طبقه‌بندی آمبروزه، نیمه‌خشک سرد است. درجه حرارت مطلوب گلخانه گل رز در منطقه اراک با سیستم هیدروپونیک ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش در گلخانه‌ای با تیپ اسپانیایی (آرک گاتیک)، ارتفاع زیر ناودان چهار متر، ارتفاع نهایی شش متر، نوع پوشش دیواره‌ها پلی‌کربنات دو جداره به ضخامت شش میلی‌متر، سقف پلی‌اتیلن شفاف ۱۸۰ میکرون مجهز به ابزار لازم برای اندازه‌گیری پارامترهای

هواشناسی شامل دماسنج، رطوبت‌سنج، تشت تبخیر و تشعشع سنج در داخل و خارج گلخانه و نیز دارای تجهیزات گرمایشی از نوع هوای گرم و سیستم خنک‌کننده و نیز سیستم افزایش رطوبت مه‌پاش سقفی، انجام شد. در سقف سالن دریچه‌هایی قرارداد شد که در صورت لزوم، امکان تهویه را خودکار فراهم می‌نمود. گل‌ها در گلخانه‌ای با مساحت ۳۶۰۰ متر و اندازه دهانه‌های هشت متر، تعداد ۲۷۰۰ بوته در ۵۴ ردیف در بستر دارای مخلوط کوکوپیت و پرلیت با $PH = 6/5$ و $EC = 7 \text{ dS/m}$ کشت شده بودند.

برای تعیین تبخیر-تعرق (نیازآبی) و مقدار آب مصرفی گل رز، سه رقم گل رز با نام‌های رز سفید، لب صورتی^۲ و آتشی^۳ انتخاب شدند. رز سفید از نظر سطح برگ در بین ارقام تحت مطالعه، بیشترین سطح برگ را دارا بود. رزها سه ساله و در بسترهایی به طول ۴۲ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر، به صورت هیدروپونیک کشت شده بودند. در دو بستر رز آتشی و لب‌صورتی، ۵۰۰ بوته رز و در بستر رز سفید به دلیل سطح برگ بیشتر آن، ۴۵۰ بوته رز استقرار داشتند. میزان آب ورودی و خروجی هر یک از بسترهای آزمایش به‌وسیله حجم‌سنج دیجیتالی که روی لوله ورودی آب مصرفی هر بستر و لوله خروجی آب زهکشی آن بستر نصب شده بودند، اندازه‌گیری می‌شد. تفاوت اعداد حجم سنج در دو روز متوالی در شروع اولین آبیاری میزان آب مصرفی هر بستر را در روز قبل نشان می‌داد و برای اندازه‌گیری میزان زهکشی نیز حجم‌سنج‌ها هر روز در همان ساعت قرائت می‌شدند. تفاوت میزان آب مصرفی و میزان آب زهکشی شده از هر بستر میزان تبخیر-تعرق بوته‌های رز آن بستر را نشان می‌دادند. عملیات سم‌پاشی و کوددهی براساس توصیه کارشناسان به طور یکنواخت در تمام سطح گلخانه انجام شد. کلیه عملیات نگهداری و برداشت رزها طبق سال‌های پیش و مطابق استانداردهای لازم، انجام شد. هم‌چنین آب و کود لازم از راه سیستم قطره‌ای و به‌صورت خودکار توسط سیستم‌های کودآبیاری تامین شدند و برنامه آبیاری نیز به صورت روزانه، انجام می‌شد. قابل ذکر است

متوالی محاسبه می‌شود (تایوان و همکاران، ۲۰۱۴). هم‌چنین در برخی از مطالعات تعیین ETC گیاهان گلخانه‌ای، بیشتر تمرکز بر تعرق گیاه می‌باشد و تبخیر از خاک را در نظر نمی‌گیرند (کیو و همکاران، ۲۰۱۳). ضریب گیاهی (Kc) به روش یک جزئی و با روش ارائه شده در نشریه FAO-56 توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) محاسبه شد:

$$ETc = ETo \text{ green} * Kc \quad (3)$$

ETo green که به اختصار در بیشتر معادلات به صورت ETo نشان داده می‌شود، تبخیر-تعرق گیاه چمن در شرایط استاندارد بوده و توسط FAO به عنوان تبخیر-تعرق مرجع معرفی شده است.

لایسیمتر یا جعبه کشت یک تانک با ابعاد مشخص است که امکان اعمال معادله بیلان جرمی آب در آن وجود دارد. چگونگی تامین نیاز آبی چمن به این صورت بود که در آبیاری اول، بستر کشت درون میکرو لایسیمتر زهکش‌دار داخل گلخانه از آب اشباع و پس از خارج شدن آب ثقلی از بستر، رطوبت بستر برابر رطوبت ظرفیت زراعی می‌شد. با تبخیر آب از سطح بستر و نیز مصرف آب توسط گیاه، از میزان رطوبت خاک تا آبیاری بعدی کاسته می‌شد. با آبیاری دوباره، رطوبت بستر دوباره به میزان رطوبت در ظرفیت زراعی می‌رسید و تغییرات رطوبت بسیار ناچیز بود. از این رو میزان تبخیر-تعرق گیاه برابر اختلاف مقدار آب ورودی و خروجی فرض می‌شد. حجم آب ورودی و خروجی به لایسیمتر چمن در کل دوره مورد مطالعه، به صورت روزانه اندازه‌گیری و گیاه چمن به عنوان مرجع در نظر گرفته شد. بستر کشت چمن نیز مانند بستر بوته‌های گل رز، ترکیبی از کوکوپیت و پرلیت انتخاب شد. مقدار آب مصرفی (آب آبیاری) مجموع مقدار آب لازم برای رشد گیاه (نیازآبی خالص) به علاوه مقدار آب آبتوی برای حفظ هدایت الکتریکی و PH بستر (آبتوی) است. نیازآبی گیاه اختلاف مقدار آب ورودی به بستر و آب زهکشی شده محاسبه شد که مقدار آب زهکشی-شده توسط حجم‌سنج دیجیتال در انتهای هر بستر در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شد. آبیاری به صورت روزانه و

که سیستم گردش آب و کود (محلول غذایی) در این گلخانه به‌صورت باز بوده و آب خروجی از بسترها که برای آبتویی مداوم استفاده می‌شد، توسط لوله‌های خروجی از بستر (زهکشی) جمع‌آوری و سپس به خارج از گلخانه هدایت و وارد سیستم فاضلاب می‌شد.

برای تعیین میزان تبخیر - تعرق مرجع در طی دوره آزمایش، از یک میکرو لایسیمتر زهکش‌دار تحت کشت چمن در بستر ترکیب کوکوپیت و پرلیت از چهل روز پیش از شروع اندازه‌گیری‌ها در شرایط گلخانه استفاده شد. طبق مطالعات انجام‌شده، عمق توسعه ریشه چمن در فضای آزاد و با اعمال دورآبیاری گوناگون، به‌ندرت به بیش از یک متر می‌رسد (دورونبوس و پروت، ۱۹۷۷). این در حالی است که در هنگام اندازه‌گیری تبخیر - تعرق گیاه مرجع، آبیاری‌ها معمولاً به‌صورت روزانه و با اعمال حداقل تنش رطوبتی انجام می‌شد. به‌همین لحاظ عمق توسعه ریشه چمن در چنین شرایطی حتی از مقدار یک متر نیز کمتر خواهد بود (اورگاس و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق از معادله بیلان آب برای تعیین تبخیر-تعرق رز و چمن استفاده شد.

معادله بیلان آب شامل پارامترهای زیر است:

$$ETc = P + I - R - D \pm \Delta W \quad (1)$$

در معادله:

ETC تبخیر-تعرق یا نیاز آبی خالص محصول (میلی متر)، P بارندگی (میلی متر)، I عمق آب آبیاری (میلی متر)، R رواناب سطحی (میلی متر)، D عمق آب زهکشی شده از منطقه ریشه (میلی متر) و ΔW تغییر در ذخیره آب خاک (میلی متر) می‌باشد. با توجه به اینکه آب حاصل از بارندگی در گلخانه صفر و هم‌چنین میزان جریان‌های جانبی و رواناب سطحی در هر رخداد آبیاری صفر می‌باشد، از این رو معادله یک ساده سازی شده و به صورت زیر ارائه شد (تایوان و همکاران، ۲۰۰۳):

$$ETc = I - D \pm \Delta W \quad (2)$$

تغییر در میزان آب در خاک در داخل لایسیمتر (ΔW)، از اختلاف بین رطوبت های مشاهداتی خاک در طی دو روز

معادل ۱۴۲۳/۵ میلی‌متر و مقدار متوسط تبخیر-تعرق روزانه این رقم در طی دوره رشد برابر ۳/۹ میلی‌متر در روز حاصل شد. بیشترین نیاز آبی خالص این رقم در مرداد ماه با ۱۶۳/۴ میلی‌متر و کمترین مقدار ماهانه آن در دی و بهمن برابر ۹۳ میلی‌متر بدست آمد. روشن است که برنامه‌ریزی برای تامین آب گلخانه، بر پایه بیشترین نیاز آبی خالص (اوج مصرف) رخ می‌دهد. بیشترین نیاز آبی خالص (تبخیر - تعرق) در دوره ده روز برای رقم رز آتشی در دهه دوم مرداد و برابر ۵۶ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مقدار مصرفی در بستر رز رقم آتشی برابر ۲۳۱/۱ میلی‌متر در مرداد ماه به دست آمد. همچنین آب مصرفی رز رقم آتشی در طول دوره رشد یک‌ساله برابر ۲۰۸۶۶ مترمکعب در هکتار تعیین شد (جدول ۲).

مقدار کل تبخیر-تعرق گل رز رقم لب صورتی در دوره رشد مورد نظر ۱۴۸۰/۷ میلی‌متر (جدول ۲) و میانگین تبخیر-تعرق روزانه آن برابر ۴ میلی‌متر در روز بود. بیشترین نیاز آبی خالص ماهانه این رقم در مرداد ماه با ۱۶۶/۴ میلی‌متر، بیشترین مقدار آن در هر دهه در دهه سوم مردادماه با ۵۵/۹ میلی‌متر و کمترین مقدار ماهانه آن در دی و بهمن ماه برابر ۹۷/۴ میلی‌متر به دست آمد. مقدار آب مصرفی برای گل رز رقم لب صورتی در طی دوره رشد یک‌ساله برابر ۲۱۷۶/۳ میلی‌متر و بیشترین مصرف ماهانه در مرداد ماه و برابر ۲۴۱/۹ میلی‌متر بود. مقدار کل تبخیر-تعرق گل رز رقم سفید در دوره رشد حدود ۱۳۱۳/۵ میلی‌متر (جدول ۲) و میانگین تبخیر-تعرق روزانه آن برابر ۳/۶ میلی‌متر در روز بود. بیشترین نیاز آبی خالص این رقم در مرداد ماه با ۱۴۹/۸ و کمترین مقدار ماهانه آن در بهمن ماه برابر ۸۶/۴ میلی‌متر به دست آمده‌اند. همچنین دهه دوم مردادماه با ۵۰/۳ میلی‌متر، بیشترین مقدار را در دوره ده روز دارا بوده‌است.

بر اساس حفظ رطوبت در حد ظرفیت زراعی انجام می‌شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و با داشتن حجم آب مصرفی و زهکشی شده روزانه دو گیاه گل رز و چمن، تبخیر-تعرق این دو گیاه در گلخانه به صورت روزانه و هفتگی در کل دوره رشد، محاسبه شد. همچنین با محاسبه نسبت تبخیر - تعرق گل رز به تبخیر - تعرق گیاه مرجع چمن، ضریب گیاهی رز گلخانه‌ای محاسبه شد. باید توجه داشت که گل رز مطالعه شده در این تحقیق گل رز سه ساله بود که در تمام فصل‌های سال گل می‌دادند و بوته از نظر پوشش سبز در کل دوره رشد کامل بوده و سطح برگ با هرس شاخه ای گیاه، تقریباً ثابت نگه داشته شد. لازم به ذکر است بوته رز در طول سال در مرحله رشد کامل بوده و دارای دوره رشد ۳۶۵ روزه است.

نتایج و بحث

مقادیر تبخیر-تعرق مرجع، نیازآبی، مقدار آب مصرفی و ضریب گیاهی گل رز رقم آتشی، لب صورتی و سفید، در هر دهه در جدول یک نشان داده شد. بر پایه این جدول، بیشترین مقدار تبخیر-تعرق مرجع ماهانه چمن در مرداد ماه با ۱۷۸ میلی‌متر و کمترین مقدار در ماه دی برابر با ۱۱۸ میلی‌متر بود. دهه سوم مرداد با ۶۱ میلی‌متر بیشترین مقدار و دهه دوم و سوم دی ماه نیز با ۳۹ میلی‌متر، کمترین تبخیر-تعرق مرجع را در ده روز داشتند. مقدار کل تبخیر-تعرق مرجع در گلخانه طی یک سال انجام پژوهش، ۱۶۰۸ میلی‌متر بوده است. در گل‌های شاخه بریده تعیین ضریب‌گیاهی و استفاده از جدول نیاز آبی از اهمیت به سزایی برخوردار بوده و می‌تواند عامل تعیین کننده در برآورد نیاز آبی گیاه باشد.

بر پایه مقادیر جدول یک و جدول دو مقدار کل تبخیر-تعرق گل رز رقم آتشی در دوره رشد یک ساله،

جدول ۱- مقدار تبخیر-تعرق مرجع (میلی متر)، ضریب گیاهی، نیازآبی خالص (میلی متر) و آب مصرفی (میلی متر) ارقام رز مورد مطالعه شده

گیاه	پارامتر	دهه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
چمن	تبخیرتعرق	اول	۴۰	۴۶	۴۹	۵۴	۵۸	۶۰	۵۲	۴۵	۴۱	۴۰	۴۰	۴۱
	مرجع	دوم	۴۲	۴۷	۵۱	۵۴	۵۹	۵۹	۵۲	۴۵	۴۱	۳۹	۴۰	۴۱
	سوم	۴۳	۴۸	۵۲	۵۶	۶۱	۶۱	۵۷	۵۰	۴۴	۴۰	۳۹	۴۰	۴۲
رز رقم آتشی	ضریب	اول	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۹	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۸
	گیاهی	دوم	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۹
	سوم	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۶
رز رقم آتشی	نیاز آبی	اول	۳۱	۳۸/۸	۴۲	۴۷	۵۲/۴	۴۹/۶	۴۳/۴	۳۶/۶	۳۲/۲	۳۱/۳	۳۱	۳۲/۲
	دوم	۳۳/۵	۴۰	۴۴	۴۸/۱	۵۶	۴۹	۴۹	۴۳/۴	۳۶/۶	۳۱/۶	۳۱	۳۱/۶	۳۲/۶
	سوم	۳۵/۷	۴۱	۴۵	۵۰	۵۵	۴۹	۴۹	۴۲/۸	۳۵/۵	۳۱	۳۱	۳۱	۳۲/۲
رز رقم لب صورتی	آب مصرفی	اول	۴۵/۷	۵۷	۶۱/۴	۶۹	۷۶/۵	۷۲/۸	۶۳/۶	۵۳/۹	۴۷/۶	۴۶	۴۷/۶	۴۷/۶
	دوم	۴۹/۱	۵۹/۲	۶۴/۶	۷۰/۲	۷۶/۵	۷۱/۸	۷۶/۵	۶۳/۶	۵۳/۹	۴۶/۶	۴۶/۹	۴۶/۹	۴۷/۹
	سوم	۵۲/۳	۶۰/۸	۶۵/۸	۶۹/۶	۷۸/۱	۷۱/۸	۷۸/۱	۶۲/۷	۵۳/۹	۴۵/۷	۴۶/۶	۴۵/۷	۴۷/۶
رز رقم سفید	ضریب	اول	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸	۰/۸	۰/۷۸	۰/۸
	گیاهی	دوم	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸	۰/۸
	سوم	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸	۰/۸۳	۰/۸	۰/۸
رز رقم سفید	نیاز آبی	اول	۳۴/۱	۴۰/۹	۴۳/۷	۵۰/۲	۵۵	۵۲/۷	۴۵	۳۷/۸	۳۲/۹	۳۲/۲	۳۲/۲	۳۲/۹
	دوم	۳۴/۷	۴۱/۹	۴۵/۳	۵۱/۲	۵۵/۹	۵۲/۱	۵۵/۹	۴۵/۶	۳۷/۸	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۹
	سوم	۳۷/۲	۴۲/۵	۴۶/۸	۵۳	۵۵/۵	۵۰	۵۵/۵	۴۳	۳۷/۸	۳۲/۰	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۹
رز رقم سفید	آب مصرفی	اول	۵۰/۱	۶۰/۲	۶۳/۹	۷۳/۴	۸۰/۳	۷۷/۲	۶۷/۷	۵۵/۴	۴۸/۲	۴۸/۸	۴۸/۸	۴۸/۲
	دوم	۵۱	۶۱/۴	۶۶/۵	۷۵	۸۰/۳	۷۶/۲	۷۶/۲	۶۶/۸	۵۵/۴	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۸/۲
	سوم	۵۴/۵	۶۲/۴	۶۸/۷	۷۴/۳	۸۱/۳	۷۶/۲	۷۶/۲	۶۴/۹	۵۵/۴	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۸/۲
رز رقم سفید	ضریب	اول	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
	گیاهی	دوم	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۲
	سوم	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷
رز رقم سفید	نیاز آبی	اول	۲۹/۹	۳۵/۹	۳۸/۷	۴۴/۸	۴۹/۳	۴۶/۶	۴۱	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹	۲۸/۷	۲۹/۶
	دوم	۳۰/۹	۳۶/۲	۳۹/۴	۴۵/۴	۵۰/۳	۴۵/۷	۴۵/۷	۳۹/۴	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹/۳	۲۸/۴	۲۹/۶
	سوم	۳۳/۱	۳۶/۹	۴۰/۳	۴۷/۸	۵۰/۲	۴۵/۷	۴۵/۷	۳۹/۴	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹	۲۹/۳	۲۹/۶
رز رقم سفید	آب مصرفی	اول	۴۴/۱	۵۲/۶	۵۶/۷	۶۴/۴	۶۸/۷	۶۷/۷	۵۹/۹	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۲/۵	۴۲/۲	۴۳/۵
	دوم	۴۵/۴	۵۲/۹	۵۷/۶	۶۶/۲	۶۸/۷	۶۶/۵	۶۶/۵	۵۷/۶	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۳/۲	۴۱/۹	۴۳/۵
	سوم	۴۸/۵	۵۳/۹	۵۸/۹	۶۵/۵	۷۰/۲	۶۶/۵	۶۶/۵	۵۷/۶	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۲/۵	۴۳/۲	۴۳/۵

مترمکعب در هکتار بدست آمد و مقدار آب مصرفی درهکتار نسبت به دو رقم دیگر کمتر بود.

برپایه نتایج بدست آمده از این تحقیق میانگین نیازآبی خالص ارقام گل رز در شرایط یادشده ۱۴۰۶۰ مترمکعب درهکتار در سال بدست آمد و میانگین آب مصرفی سه رقم رز مطالعه شده در طول یکسال برابر با ۲۰۸۶ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. قابل ذکر است که در مقادیر آب مصرفی ارائه شده، هدررفت عمقی نیز لحاظ

مقدار آب مصرفی گل رز رقم سفید در یک دوره رشد یکساله برابر ۱۹۰۶/۱ میلی متر بود که بیشترین مصرف ماهانه در مرداد ماه و برابر ۲۰۰/۷ میلی متر به دست آمد (جدول ۲). در مقایسه با دو رقم رز آتشی و لب صورتی، ارقام مربوط به آب مصرفی و تبخیر-تعرق رقم رز سفید کمتر بود. علی رغم این که این رقم رز به دلیل سطح برگ بیشتر نسبت به دیگر ارقام انتخاب گردید، اما بدلیل اینکه تعداد بوته در واحد سطح این رقم رز به دلیل سطح برگ بیشتر، کمتر بوده است مقدار آب مصرفی آن ۱۹۰۶۱

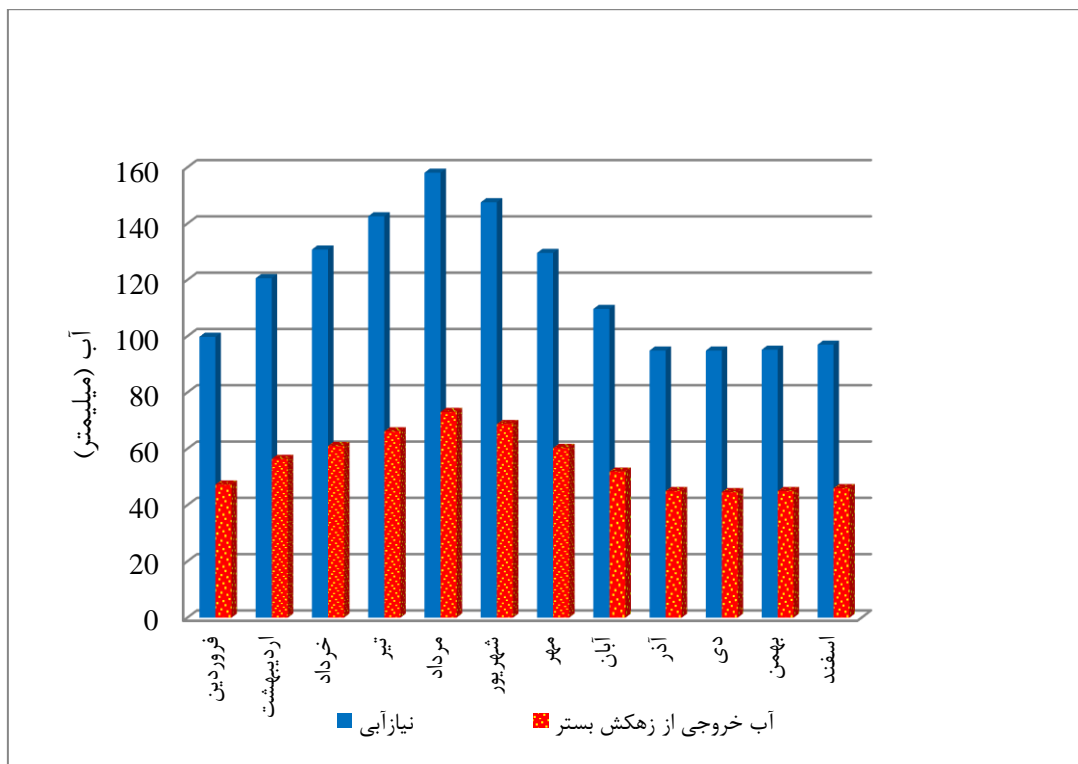
کند. براساس اندازه گیری مقدار آب خروجی از زهکش ها در طول اجرای تحقیق، آب خروجی از زهکش بستر رز رقم آتشی برابر ۴۷ درصد، رقم لب صورتی ۴۵ درصد و رقم رز سفید ۴۶ درصد مقدار نیاز آبی هریک از ارقام بودند که موجب کاهش کارایی مصرف آب و کود در این گلخانه ها می شود. کارایی مصرف آب و کود (با توجه به مغذی بودن فاضلابها) را می توان با استفاده از سیستم مدار بسته گلخانه که با تصفیه دوباره این پساب و بازچرخانی آنها امکان پذیر است، افزایش داد.

شده و این مقادیر برابر با مجموع تبخیر - تعرق گیاه و آب خروجی از زهکش (هدررفت عمقی) است.

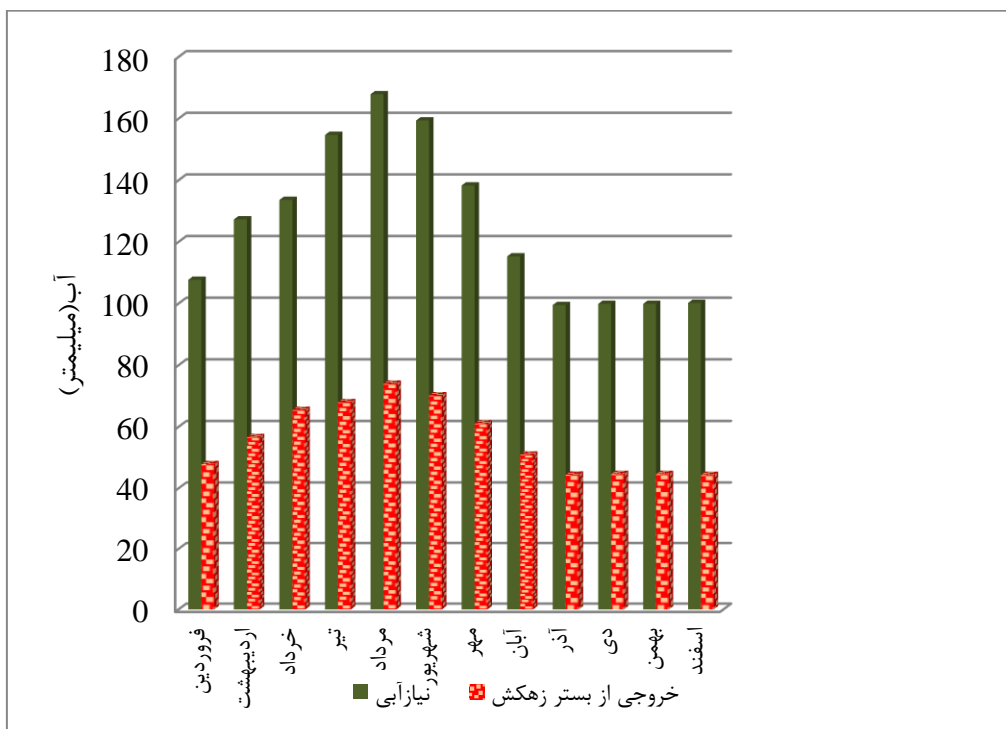
به دلیل اینکه در کشت هیدروپونیک از خاک به عنوان بستر استفاده نمی شود، برای کنترل شرایط بستر و حفظ PH مطلوب، آبشویی مداوم باید انجام شود. هم چنین آب آبیاری عناصر غذایی و معدنی را به گیاه انتقال می دهد. این عوامل موجب افزایش آب مصرفی و به دنبال آن افزایش زهاب می شود. در شکل های یک، دو و سه مقادیر زیاد آب خروجی از بستر زهکش ها این مطلب را تایید می

جدول ۲- مقادیر تبخیر - تعرق (نیاز آبی خالص)، آب مصرفی ماهانه و میانگین ضریب گیاهی ماهانه ارقام مختلف رز در شرایط گلخانه (برحسب میلیمتر)

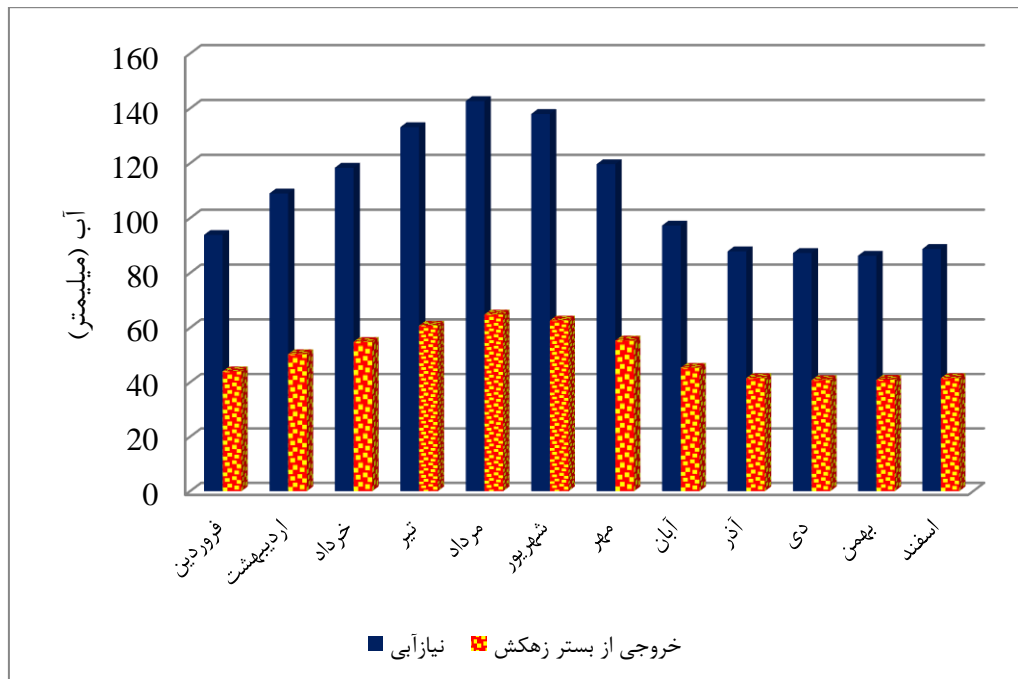
ماه	رز آتشی			رز لب صورتی			رز سفید		
	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC
فروردین	۱۰۰/۲	۱۴۷/۱	۰/۸۰	۱۰۶	۱۵۵/۶	۰/۸۴	۹۳/۹	۱۳۸/۰	۰/۷۵
اردیبهشت	۱۱۹/۸	۱۷۷/۰	۰/۸۵	۱۲۵/۳	۱۸۴	۰/۸۹	۱۰۹/۰	۱۵۹/۴	۰/۷۸
خرداد	۱۳۱	۱۹۱/۸	۰/۸۶	۱۳۵/۸	۱۹۹/۱	۰/۸۹	۱۱۸/۴	۱۷۳/۳	۰/۷۸
تیر	۱۴۵/۱	۲۰۸/۸	۰/۸۸	۱۵۴/۴	۲۲۲/۷	۰/۹۳	۱۳۸	۱۹۴/۰	۰/۸۴
مرداد	۱۶۳/۴	۲۳۱/۲	۰/۹۱	۱۶۶/۴	۲۴۱/۹	۰/۹۳	۱۴۹/۸	۲۰۷/۶	۰/۸۵
شهریور	۱۴۷/۶	۲۱۶/۴	۰/۸۳	۱۵۴/۸	۲۲۹/۶	۰/۸۷	۱۳۸	۲۰۰/۷	۰/۸۱
مهر	۱۲۹/۶	۱۸۹/۹	۰/۸۳	۱۳۳/۶	۱۹۹/۴	۰/۸۶	۱۱۹/۸	۱۷۵/۱	۰/۷۹
آبان	۱۰۸/۷	۱۶۱/۶	۰/۸۱	۱۱۳/۴	۱۶۶/۳	۰/۸۴	۹۷/۲	۱۴۲/۷	۰/۷۲
آذر	۹۴/۸	۱۳۹/۹	۰/۷۷	۹۷/۵	۱۴۴/۰	۰/۸	۸۷/۹	۱۲۹/۵	۰/۷۱
دی	۹۳/۳	۱۳۹/۵	۰/۷۸	۹۷/۴	۱۴۴/۶	۰/۸۳	۸۷/۳	۱۲۸/۲	۰/۷۳
بهمن	۹۳	۱۴۰/۲	۰/۷۷	۹۷/۴	۱۴۴/۶	۰/۸	۸۶/۴	۱۲۷/۳	۰/۷۲
اسفند	۹۷/۶	۱۴۳/۰	۰/۷۷	۹۸/۷	۱۴۴/۶	۰/۸	۸۸/۸	۱۳۰/۴	۰/۷۲
مجموع	۱۴۲۳/۵	۲۰۸۶/۶	۰/۸۲	۱۴۸۰/۷	۲۱۷۶/۳	۰/۸۵	۱۳۱۳/۵	۱۹۰۶/۱	۰/۷۶



شکل ۱- مقایسه میزان نیاز آبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز رقم آتشی در طول دوره رشد یکساله



شکل ۲- مقایسه میزان نیاز آبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز لب صورتی در طول دوره رشد یکساله



شکل ۳- مقایسه میزان نیازآبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز سفید در طول دوره رشد یکساله

خصوص رز به ظاهر صدق نمی‌کند. این امر نشان می‌دهد که بدون داشتن برنامه‌ای جامع از الگوی کشت شهرک‌های گلخانه‌ای، برنامه‌ریزی برای تأمین و توزیع آب واحدها صحیح نخواهد بود و ممکن است برخی از واحدها را پس از راه‌اندازی با مشکلات جدی در خصوص حق‌آبه و تأمین آب مورد نیاز مواجه نماید. هم‌چنین مقادیر آب مصرفی ارائه شده در این تحقیق در شرایط استاندارد گلخانه می‌باشد و با تغییر شرایط قرارگیری بسترها، تراکم بوته‌ها و فاصله آزاد بین بسترها و نیز استفاده از بسترهای طبقاتی مقدار آب مصرفی تغییر خواهد نمود... طبق نتایج تحقیق حاضر میانگین مقدار ضریب گیاهی ارقام رز در طول سال برابر ۰/۸۱ تعیین شد که می‌تواند به عنوان یک راهنما در تعیین آب مصرفی انواع ارقام رز توصیه شود. با توجه به این‌که آب مصرفی در کشت هیدروپونیک علاوه بر رفع نیاز آبی گیاه، وظیفه انتقال عناصر غذایی و شستشوی املاح موجود در محیط ریشه را نیز برعهده دارد، میزان آب مصرفی در گلخانه و به‌دنبال آن هدررفت آب به‌صورت خروجی از زهکش بستر، افزایش می‌یابد که ضروری است برنامه ریزی مناسب برای استفاده دوباره از زهاب‌ها بمنظور

در تحقیقات سینگ و همکاران (۲۰۱۶)، بیشترین مقدار ضریب گیاهی گل رز در گلخانه هیدروپونیک در طی سه سال آزمایش برابر ۰/۹۶ گزارش شد. در پژوهش حاضر، بیشترین مقدار ضریب گیاهی گل رز در رقم لب صورتی و در ماه‌های تیر و مرداد به میزان ۰/۹۳ بود که به نتایج پژوهش یادشده نزدیک است. بر پایه مقادیر جدول دو، رقم لب صورتی در کلیه ماه‌های سال بیشترین نیازآبی خالص را در واحد سطح داشت. با توجه به چندساله بودن بوته‌های رز، ضریب گیاهی آنها دارای مراحل چهارگانه نیستند و به همین دلیل مقدار میانگین ضریب گیاهی آنها بین ۰/۷۶ تا ۰/۸۵ تغییر نمودند. میانگین مقدار آب مصرفی ارقام رز در طول یک سال برابر ۲۰۵۷۳ مترمکعب در هکتار به ازای تراکم کشت حدود ۷۵۰۰ بوته رز (متناسب با ۲۷۰۰ بوته در مساحت ۳۶۰۰ مترمربعی این پژوهش) بدست آمد.

نتیجه‌گیری

برپایه نتایج بدست آمده از این تحقیق گل رز شاخه بریده از جمله محصولات گلخانه‌ای است که دارای نیازآبی زیادی است (۱۴۰۶۰ مترمکعب در هکتار) و تصور استفاده از سیستم گلخانه در شرایط محدودیت آب در

افزایش بهره‌وری آب در گلخانه های هیدروپونیک انجام شود.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی بیرنگ، ن. ۱۳۸۴. برآورد نیازآبی گیاهان گلخانه‌ای. کارگاه فنی - آموزشی روش‌های آبیاری میکرو. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۹ ص.
۲. امیری، م.ج.، عابدی کوپایی، ج و س.، اسلامیان. ۱۳۸۷. تعیین ضریب تشت کاهش یافته و کلاس A به منظور تخمین نیازآبی گیاهان گلخانه‌ای. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده مهندسی علوم آب. ۷ ص.
۳. امیدی، ا.ح.، خالدیان، م.ر.، حسن‌پور اصیل، م و ج.، الفتی چیرانی. ۱۳۹۶. برآورد نیازآبی و ضرایب گیاهی گل سوسن در شرایط کشت گلخانه‌ای در شهرستان رشت. نشریه آبیاری و زهکشی. شماره ۵ جلد ۱۱. صفحات ۱۱۱۱-۱۱۲۰.
۴. بی‌نام. ۱۳۹۲. رز. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی. ۱۲۵ ص.
۵. دلاور، ا.، میرلطیفی، س.م و ق.، زارعی. ۱۳۹۴. برآورد نیازآبی و ضریب گیاهی گل مریم در شرایط کشت گلخانه‌ای شهرستان ورامین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۳، جلد ۹. صفحات ۴۸۹-۴۸۱.
۶. دولتخواهی، ع.، شور، م.، بنایان اول، م.، تهرانی‌فر، ع و ا.، علیزاده. ۱۳۹۷. تأثیر سیلیسیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی گل رز بریدنی در شرایط تنش آبی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌های، سال نهم، شماره اول. صفحات ۱-۱۱.
۷. صادقی، ص.، زارعی، ق و س.ن.، مرتضوی. ۱۳۹۲. ارزیابی کارآیی سیستم سرمایش فنو پد گلخانه‌ای در منطقه محلات. علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. سال چهارم. شماره ۱۶. ۱۳ ص.
۸. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، خ.، عصاره، م.ح.، لباسچی، م.ح.، عباس‌زاده، ب.، نادری، ب. و م.، رضایی سرخوش. ۱۳۹۱. تعیین نیازآبی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. دوره ۲۸ شماره ۳. صفحات ۴۸۴-۴۹۲.
۹. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، خ.، عصاره، م.ح.، طبایی عقدائی، س.ر.، لباسچی، م.ح و ب.، نادری. ۱۳۹۳. تعیین نیازآبی گل محمدی با استفاده از لایسیمتر. دو ماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. دوره ۳۰. شماره ۶۸. صفحات ۹۳۱-۹۲۳.
۱۰. عبادزاده، ح.ر.، احمدی، ک.، محمدنیا افروزی، ش.، طاقانی، ر.ع.، عباسی، م و ش.، یاری. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی. جلد دوم. وزارت جهادکشاورزی معاونت برنامه ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۴۱۸ ص.
۱۱. هاشمی‌نسب، ف.ا.، موسوی بایگی، م.، علیزاده، ا و ب.، بختیاری. ۱۳۹۳. برآورد ضرایب گیاهی و نیازآبی گیاه دائمی همیشه بهار در اقلیم نیمه خشک کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی. جلد ۲. شماره ۲. صفحات ۶۹-۶۲.
12. Allen, R.G. Pereira, L.S. Raes, D and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. In: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Roma, Italy.

13. Allen., R.G. Pereira., L.S. Howell., T.A and M.E. Jensen. 2011. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management* 98: 899-920.
14. Caballero M, Mansito P and N. Zieslin. 1996. Water use and crop productivity of roses growing on volcanic lapilli (Picon) in Canary Islands. *Acta Horticulturae*, 424: 41-44.
15. Doorenbos J and W.O Pruitt. 1977. Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, 144 p.
16. Komoura., M. Arimata., A.K. Mizuta., A. Takasu., T and A. Yonegasd. 1990. Fundamental studies on the water irrigation method, water requirement and effect of irrigation for greenhouse cucumber. *Acta Horticulture*. 253: 165-179.
17. Ma., H.Y and X.Y. Jiao. 2006. Research progress of the crop water demand calculation. *Water Science Engineering Technology*, 16: 5-7.
18. Mpusia., P.T. 2006. Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation. International institute for Geo-information Science earth observation. Enschede, The Netelands. Pp: 86.
19. Orgas., F. Fernandes., M.D. Bonachele., S. Galardo., M and E. Fereres E. 2005. Evapotranspiration of horticultural crops in a unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*. 72: 81-96.
20. Qiu., R.J. Kang., S.Z. Du., T.S. Tong., L. Hao., X.M. Chen., R.Q. Chen., J.L and F.S. 2013. Effect of convection on the Penman-Monteith model estimates of transpiration of hot pepper grown in solar greenhouse. *Science Horticulture*. 160. 163–171.
21. Raviv., M and T.J Blom. 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Science Horticulture*. 88: 257-276.
22. Singh., K. V. Tiwari., K.N and D.T Santosh. 2016. Estimation of Crop Coefficient and Water Requirement of Dutch Roses (*Rosa hybrida*) under Greenhouse and open field conditions. *Irrigation Drainage System Engineering*, 5(3):1-9.
23. Sujitha., E. Shanmugasundaram., k and G. Thiyagorajan. 2020. Estimation of crop coefficient for Marigold (*Tagetes erecta* (L.)) under drip irrigated greenhouse. *Journal of Applied and Natural Science*. 12 (2): 128-132.
24. Tiwari., K.N. Kumar., M. Santosh., D.T. Singh., V.K and M.K. Maji. 2014. Influence of drip irrigation and plastic mulch on yield of Sapota (*Achras zapota*) and Soil Nutrients. *Irrigation and Drainage System Engineering*. 3: 116-124.
25. Tiwari., K.N. Singh., A and P.K Mal. 2003. Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions. *Agricultural Water Management*. 58: 19-28.
26. Villarreal-Guerrero., F. Kaciraa., M. Fitz-Rodríguez., E, Kubota., C. Giacomelli., G.A. Linker., R and A. Arbel. 2012. Comparison of three evapotranspiration models for a greenhouse cooling strategy with natural ventilation and variable high pressure fogging. *Scientia Horticulturae*, 134: 210-221.

Determining Crop Water Requirement of Rose Varieties in Hydroponic Greenhouse

F. Keykhaei¹, G. Zareai, N. Ganjikhorrandel, and S. Sadeghi

Instructor, Department of Irrigation and Soil Physic, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Keykhaei80@gmail.com

Associate Professor, Department of Greenhouse Engineering, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

ghzareai4554@yahoo.com

Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran.

naser.ganjikhorrandel@gmail.com

Deputy of Greenhouse Development Plan, Tehran, Iran.

psadeghi2002@gmail.com

Received: February 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

One of the strategies to reduce water losses in agriculture is proper irrigation scheduling, which is based on accurate estimation of crop water requirement. In order to determine the evapotranspiration rate of three rose varieties, a one-year study was conducted in a hydroponic greenhouse equipped with drip irrigation system in Arak Plain using drainage type lysimeters. Reference evapotranspiration was also determined using a drained micro-lysimeter with grass. The results showed that the total amount of reference evapotranspiration in the greenhouse was 1608 mm. Also, the total evapotranspiration value of *Utopia rose* during this growth period was 1423 mm, *Dolcevit rose* 1480 mm and *White rose* 1313 mm. The annual average of daily evapotranspiration of rose varieties was 3.8 mm/day. Due to rose bushes being perennial, the crop coefficients did not have four growth stages and, therefore, the average coefficients varied between 0.7 and 0.96 in 10-day intervals. The results also indicated that the average crop coefficient of rose varieties was 0.81 over a year and the average amount of applied irrigation water was 20573 m³.ha⁻¹.year⁻¹ for approximately 75000 rose plant /ha.

Keywords: Irrigation Planning, Micro-lysimeter, Reference evapotranspiration

¹ - Corresponding author: Department of Irrigation and Soil Physic, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran.