تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /جلد ۲۳/ شماره ۸۸/ پاییز و زمستان ۱۴۰۱/ص ۸۲-۹۸

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

نیازآبی و بهره‌وری آب گل محمدی در سامانه آبیاری قطره‌ای دو ردیفه به روش بیلان آب خاک در منطقه قمصر

سید رضا ظاهری کاشانی[۱] ، سید مجید میرلطیفی[۲*] ، حسین دهقانی سانیج[۳]

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۲*]- دانشیار، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۳]- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

چکیده

به دلیل کمبود منابع آب در دنیا مخصوصاً در نواحی خشک و نیمه‌خشک، محاسبه دقیق تبخیر- تعرق گیاهان برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه ضروری خواهد بود. از جمله روش‌های معمول برای تخمین تبخیر- تعرق گیاهان، بهره‌گیری از پارامترهای تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) و ضریب گیاهی است. ضریب گیاهی به دلیل تفاوت در واریتهٔ گیاهی، شرایط اقلیمی و نوع مدیریت آب و خاک و گیاه می‌تواند متغیر باشد. بنابراین، برای تخمین دقیق‌تر تبخیر- تعرق گیاهان باید از ضریب‌های گیاهی محلی استفاده کرد. هدف از این پژوهش تعیین ضریب گیاهی گل محمدی تحت یک سامانه آبیاری قطره‌ای دو ردیفه با مدیریت آبیاری کشاورز به روش بیلان آب خاک در منطقهٔ قمصر است. تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی به روش بیلان آب خاک برابر با ۳۸۹ میلی‌متر به دست آمد و پارامتر ضریب گیاهی گل محمدی از تقسیم تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی به تبخیر- تعرق گیاه مرجع در طی دورهٔ ۱۸۸ روزهٔ رشد گل محمدی حاصل گردید. حداقل و حداکثر ضریب گیاهی طی دوره رشد گیاه به ترتیب برابر با ۰/٦ و ۱/۲ به دست آمد. وزن گل محمدی برداشت شده در تمام مزرعه که از ۵۳ هکتار آن حدود ٤۰ هکتار تحت کشت است، برابر ۱۳۰ تن بود. بنابراین میانگین عملکرد گل محمدی در تمام مزرعه برابر ۳/۲۵ تن در هکتار بود. میانگین عملکرد محصول در ردیف‌های درختان مورد ارزیابی برابر ٤۸/۲۵ کیلوگرم در هر ردیف (با ۱٦۰ متر مربع مساحت برای هر ردیف) حاصل گردید و میانگین بهره‌وری آب آبیاری در ردیف‌های مورد ارزیابی برابر ۰/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: **پایش رطوبت خاک، تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی، ضریب گیاهی گل محمدی، عملکرد گل محمدی، کارایی مصرف آب گل محمدی**

مقدمه

گل محمدی با نام علمی Rosa damascene Mill. شهرت دارد و متعلق به خانوادهٔ Rosaceae است. گل محمدی، درختچه‌ای است چند ساله که شاخه‌هایی خاردار با انشعاب‌های زیاد و گل‌های معطر بزرگ دارد. ارتفاع این گیاه ۱ تا ۲ متر است (Carins, 2003). گل محمدی از گیاهان با ارزشی است که برای تولید گلاب در اغلب مناطق کشور کاشته می‌شود. اهمیت‌های اصلی گل محمدی، یکی عطر آن است اما هدف اصلی از کشت این گیاه در کشور، تولید گلاب و در مرحلهٔ بعد استحصال عطر این گل و استفاده از گلبرگ‌های آن است (Tavakkoli Nekoo *et al.*, 2019). با بررسی میزان تولید گل محمدی در استان‌های کشور براساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹ مشاهده

می‌شود که استان فارس با تولید حدود ۱۴۲۸۸ تن در سال، در رتبهٔ اول کشور قرار دارد. استان‌های اصفهان با ۱۰۹۶۲ تن در سال، کرمانشاه با ۷۹۲۶ تن در سال، آذربایجان شرقی با ۴۹۳۶ تن در سال و خراسان رضوی با ۳۷۶۱ تن در سال به ترتیب رتبهٔ دوم تا پنجم میزان تولید گل محمدی در کشور را دارند. میزان تولید گل محمدی در ایران حدود ۵۵۳۳۳ تن در سال و سهم شهرستان کاشان حدود ۸۷۰۰ تن در سال است که حدود ۱۶ درصد میزان تولید گل محمدی در کل کشور می‌باشد. سطح زیرکشت گل محمدی در ایران حدود ۲۴۲۸۷ هکتار و سهم شهرستان کاشان حدود ۲۵۰۰ هکتار است که حدود ۱۱ درصد سطح زیر کشت کل کشور است. بیشترین میزان عملکرد در کشور متعلق به استان آذربایجان غربی با ۷۸۱۱ کیلوگرم در هکتار است (Agriculture Organization Statistics, 2020).

برای کشور ایران که میانگین بارش آن ۲۴۳ میلی‌متر در سال است و شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک دارد، بهره‌برداری بهینه از منابع محدود آبی دارای اهمیت خاصی است (Saremi *et al.*, 2015). از جمله قسمت‌های اساسی چرخهٔ هیدرولوژی، نیاز آبی گیاهان است که برآورد مناسب آن برای مطالعات مدیریت منابع آب، مدیریت و طراحی سامانه‌های نوین آبیاری، تأسیسات آبی و بیلان آبی ضروری است. به همین دلیل، محاسبهٔ مقدار تبخیر- تعرق برای هر پوشش گیاهی لازم خواهد بود (Doorenbos and Pruitt, 1977). با محاسبهٔ نیاز آبی گیاهان می‌توان برنامه‌ریزی آبیاری را با دقت تنظیم کرد و میزان آب کافی در دسترس گیاه قرار داد و از بروز مشکلات زیاد و کمبود آب آبیاری جلوگیری کرد (Ali Hoori, 2017). آبیاری بیش از حد نیاز آبی گیاه، علاوه بر هدر دادن آب آبیاری، سبب شستشوی مواد غذایی خاک، آلوده شدن منابع آب زیرزمینی و زه دار شدن زمین می‌شود. آبیاری کمتر از حد نیاز آبی نیز تنش رطوبتی به گیاه وارد می‌کند که به کاهش عملکرد محصول می‌انجامد (Koochakzade and Bahmani, 2005). دانستن نیاز آبی گیاه از عوامل اصلی برای ارتقای بهره‌وری آب گیاه است. با محاسبهٔ دقیق نیاز آبی گیاه می‌توان در حداقل کردن تلفات آب آبیاری، حداکثر کردن تولید گیاه در واحد سطح مزرعه، افزایش جذب مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن به وسیلهٔ گیاه و افزایش فتوسنتز گیاه گامی مؤثر برداشت (Erfanian *et al.*, 2003).

از روش‌های دقیق اندازه‌گیری تبخیر- تعرق گیاهان می‌توان به روش‌های بیلان انرژی (نسبت باون)، ادی کوواریانس و لایسیمتری اشاره کرد. اما استفادهٔ گسترده و عملی از این روش‌ها معمولاً به دلیل هزینه زیاد و نیاز به افراد متخصص برای تعبیه و نگهداری تأسیسات و تفسیر داده‌ها محدود است. افزون بر این روش‌ها، تبخیر- تعرق گیاهان را می‌توان به طور مستقیم از روش بیلان آب به دست آورد یا با استفاده از معادله فائو- پنمن- مانتیث و ضرایب گیاهی برآورد کرد (Allen *et al.*,1998). طبق روش نشریه فائو-۵۶، برای آنکه بتوان مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع را به سطح پوشش گیاهی منطقهٔ مورد پژوهش تعمیم داد باید مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع را در پارامتر ضریب گیاهی ضرب کرد تا نیاز آبی گیاه مورد نظر به‌دست آید (Allen *et al.*,1998). به دلیل تفاوت در واریته‌های گیاهی، ویژگی‌های خاک، نوع و دور آبیاری، شرایط اقلیمی و به‌خصوص روش‌های مدیریت محصول، ضریب گیاهی یک گیاه مشخص در زمان و مکان‌های گوناگون ممکن است متفاوت باشد. هنگامی که عوامل و شرایط مؤثر بر رشد گیاه در منطقه‌ای متفاوت باشد با عوامل و شرایط مؤثر بر رشد گیاه در منطقه‌ای که پژوهش‌های پیشین در آن صورت گرفته است، استفاده از ضریب‌های گیاهی حاصل شده از پژوهش‌های پیشین باعث ایجاد مقداری خطا در تعیین تبخیر- تعرق گیاه می‌شود. به همین دلیل برای تعیین دقیق تبخیر- تعرق گیاه به روش فائو باید از ضریب‌های گیاهی محلی استفاده کرد (Payero *et al.*, 2011). هنگامی که شرایط مختلف محیطی مثل نوع خاک، گیاه و مدیریت

آبیاری در نواحی مختلف متفاوت باشد، ارقام مورد استفاده و تاریخ کشت نیز تغییر می‌کند که باعث تأثیر بر ضریب گیاهی می‌شود. بنابراین، ضریب‌های گیاهی برای یک گیاه در مکان‌های مختلف کشت می‌تواند متفاوت باشد.

برای محاسبهٔ نیاز آبی گل محمدی با استفاده از لایسیمتر، پژوهشی در مرکز تحقیقات البرز واقع در جنوب شهرستان کرج توسط Sharifi Ashoorabadi *et al.* (2015) صورت گرفت. بنا بر نتایج این پژوهش، ضریب‌های گیاهی در دوره‌های متفاوت رشد گیاه بین ۰/۷ تا ۱/۳۷ بوده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مقدار تبخیر- تعرق این گیاه در دورهٔ رشد برابر ۱۱۴۷ میلی‌متر است که بعد از ۲۴۰ روز فعالیت گیاه و با دریافت حرارتی برابر با ۳۷۴۰ درجه روز رشد حاصل شد. وزن خشک گل در هر بوته گل محمدی برابر با ۲۴۳ گرم، میزان مصرف آب هر بوته ۱۱۱/۵۳ لیتر، میزان کارایی مصرف آب (وزن خشک گل تولید شده به ازای هر واحد آب مصرفی توسط گیاه) ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب و نسبت تعرق (مقدار آب تعرق شده توسط گیاه به جرم مادهٔ خشک تولید شده) برابر ۰/۴۶ مترمکعب بر کیلوگرم محاسبه شد. طی پژوهشی توسط Sohrab and Zarei (2016) نیاز آبی گل محمدی بنا بر اقلیم ناحیهٔ کشت شده، تا اتمام مرحلهٔ گلدهی بین ۱۱۵ تا ۵۱۰ میلی‌متر و تا اتمام مرحلهٔ رشد ۸۲۰ تا ۱۱۳۰ میلی‌متر به‌دست آمد. طبق نتایج پژوهش‌های این پژوهشگران، عملکرد تر گل محمدی بنا بر اقلیم ناحیهٔ کشت شده همراه با آبیاری کامل بین ۳۹۳۰ تا ۷۷۰۰ کیلوگرم در هکتار و همراه با کم آبیاری یا کشت دیم، بین ۲۰۷۰ تا ۵۰۳۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است.

در ایران، در ارتباط با تعیین نیاز آبی گل محمدی با استفاده از سامانهٔ آبیاری قطره‌ای، پژوهش‌های چندانی نشده است. با در نظر گرفتن خشکسالی‌های پیاپی و بحران آب در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، از جمله شهرستان کاشان که یکی از مناطق اصلی تولید گل محمدی کشور است و با در نظر گرفتن اینکه نیازآبی گل محمدی برای این منطقه در کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمدهٔ زراعی و باغی کشور، نرم افزار نت وات (Alizade and Kamali, 2008) و نشریهٔ فائو-۵۶ محاسبه نشده است و نیز با توجه به ارزش اقتصادی بالای گل محمدی، این پژوهش با هدف تعیین نیاز آبی گل محمدی و بهره‌وری آب آن اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعاتی

پژوهش حاضر در زمستان سال ۱۴۰۰ و بهار و تابستان سال ۱۴۰۱ در مزرعهٔ ۵۳ هکتاری گل محمدی واقع در شهر قمصر شهرستان کاشان که تحت مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان کاشان است، به اجرا درآمد. درختچه‌های گل محمدی این مزرعه نه ساله بودند. طول و عرض جغرافیایی محل پژوهش به ترتیب ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۹۰ متر است. میانگین روزانه تعدادی از مؤلفه‌های هواشناسی در حین پژوهش از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان کاشان، واقع در ۱۶ کیلومتری محل اجرای پژوهش دریافت گردید و در جدول (۱) به صورت میانگین ماهانه نمایش داده شد.

جدول ۱- متوسط ماهانه داده‌های هواشناسی منطقهٔ مورد پژوهش در دورهٔ رشد گیاه مربوط به ایستگاه هواشناسی کاشان در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Table 1- Average monthly meteorological data recorded in the Kashan weather station during the growing season (1400 - 1401)

شهریور Shahrivar	مرداد Mordad	تیر Tir	خرداد Khordad	اردیبهشت Ordibehesht	فروردین Farvardin	اسفند Esfand	متغیر Variable
19.60	22	21.50	17.30	14.40	5.20	-0.70	دمای حداقل (˚C) Minimum temperature
42.20	46.60	45.50	44.40	40	33.10	29.10	دمای حداکثر (˚C) Maximum temperature
30.86	34.22	34.96	32.70	26.50	20.71	12.35	متوسط دما (˚C) Average temperature
12.88	12.45	12.64	11.33	25.43	20.08	38.04	رطوبت نسبی (%) Relative humidity
1.70	2.30	1.87	1.57	1.73	1.57	1.25	سرعت باد (m/s) Wind speed
0	0	0	0.31	2	0	15.60	بارندگی (mm) Rainfall
10.40	9.62	10.72	11.50	8.29	8.09	7.29	ساعات آفتابی (hr) Duration of sunshine

بافت خاک به روش هیدرومتری از طریق نمونه‌برداری تا عمق ۹۰ سانتی‌متری از سطح خاک تعیین شد (جدول ۲).

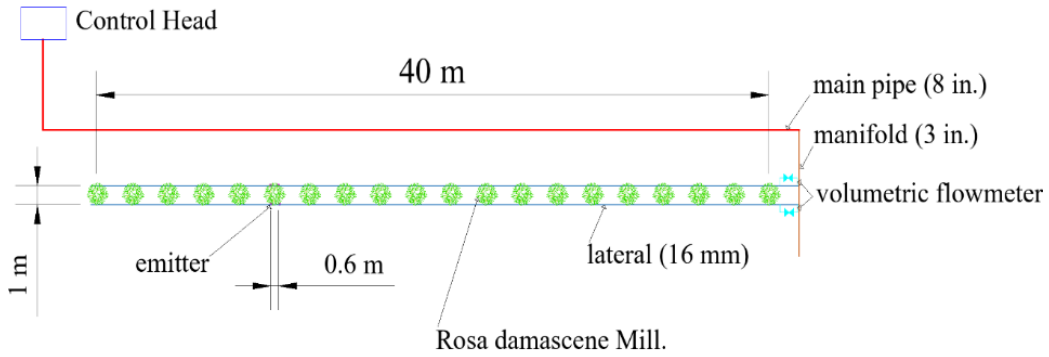
جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک

Table 2- Soil physical characteristics

رطوبت در دسترس حجمی Available water holding capacity (%volume)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم Permanent wilting point (%volume)	رطوبت‌حجمی ظرفیت زراعی Field capacity (%volume)	چگالی ظاهری Bulk density (gr/cm^3)	بافت خاک Soil texture	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	عمق خاک Soil depth (cm)
15	14.60	29.60	1.26	لوم Loam	36	26	38	0-30
15.10	13.10	28.20	1.26	لوم Loam	35	26	39	30-60
16.10	13.60	29.70	1.27	لوم Loam	38	26	36	60-90
15.40	13.80	29.20	1.26	لوم Loam	36.34	26	37.67	میانگین Average

سامانهٔ آبیاری

آب آبیاری درختچه‌های گل‌محمدی در مزرعهٔ مورد پژوهش توسط یک سامانهٔ آبیاری قطره‌ای دو ردیفه تأمین می‌شود. در این سامانه، از قطره‌چکان‌های یورودریپ تنظیم‌کننده فشار استفاده می‌شود که روی خط نصب شده‌اند. طول لوله‌های لاترال ۴۰ متر است که به صورت سربالایی در مزرعه تعبیه شده‌اند. قطر خارجی لوله‌های لاترال ۱۶ میلی‌متر و قطر داخلی آنها ۱۲ میلی‌متر است. لوله‌ها از هر طرف درختچه‌های گل محمدی ۰/۵ متر فاصله دارند. بنابراین، فاصلهٔ لوله‌های لاترال در یک ردیف گیاهی ۱ متر است. در هر ردیف، روی یکی از لاترال‌ها از قطره‌چکان‌هایی با دبی ۸ لیتر بر ساعت و روی لاترال دیگر از قطره‌چکان‌هایی با دبی ۴ لیتر بر ساعت استفاده می‌شود. فاصلهٔ قطره‌چکان‌ها روی این لاترال‌ها برابر ۰/۶ متر است. در تمام مزرعه، لوله‌های لاترال به صورت یک‌طرفه به مانیفلدها متصل‌اند. قطر لوله‌های مانیفلد ۳ اینچ است که به صورت سرپایینی در مزرعه تعبیه شده‌اند. در ابتدای هر مانیفلد از یک شیر قطع و وصل ۳ اینچی به منظور باز و بسته کردن جریان آب به زیر واحد مورد نظر در زمان آبیاری استفاده می‌شود. به منظور تنظیم فشار در ابتدای هر مانیفلد از فشارشکن‌های ۲ یا ۳ اینچی چند واحدی (۴، ۶ و ۱۰) بعد از شیر قطع و وصلی استفاده می‌شود. فاصلهٔ ردیف‌های کشت (Sr) ۴ متر و فاصلهٔ درختچه‌ها روی ردیف کشت (Sp) ۲ متر است و بنابراین زیر واحد مورد پژوهش شامل ۲۰ ردیف گل محمدی هر یک به طول ۴۰ متر است. مساحت این زیر واحد ۳۲۰۰ مترمربع است. شکل (۱) نمایی از ردیف درختچه‌های کنترل و سایر مشخصات آن را نشان می‌دهد. برنامه آبیاری تحت مدیریت کشاورز بود و دور آبیاری در دورهٔ رشد گیاه در مزرعه ثابت و برابر ۶ روز اعمال گردید.

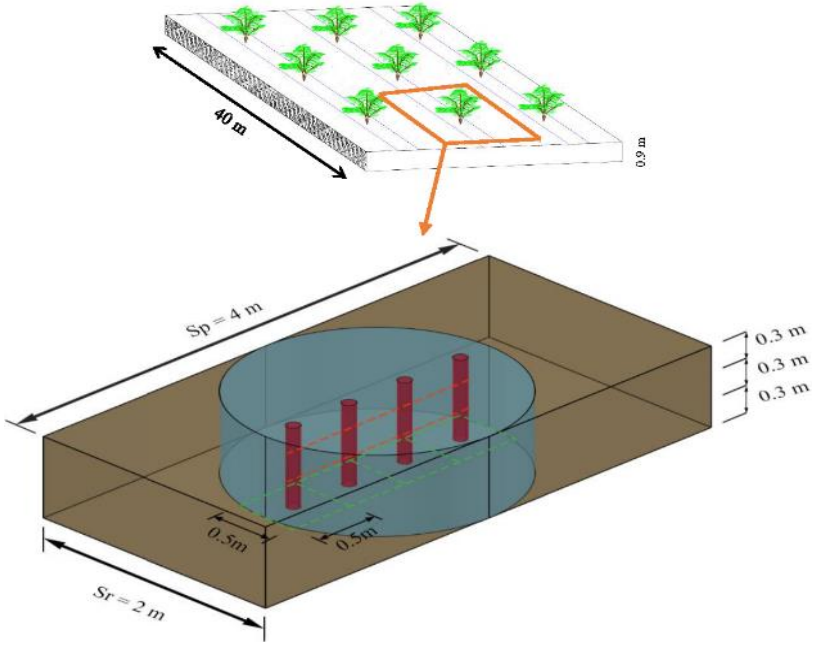


شکل ۱- نقشه شماتیک ردیف درختچه‌های کنترل و محل قرارگیری لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها
Figure 1- Schematic map of a control-rows along with the locations of the pipes and the emitters

اندازه‌گیری رطوبت خاک

از مهم‌ترین بخش‌های محاسبهٔ تبخیر- تعرق واقعی و نفوذ عمقی، اندازه‌گیری رطوبت خاک پیش و پس از هر نوبت آبیاری است. در سراسر دورهٔ رشد گیاه، ۲۴ ساعت پیش و پس از هر نوبت آبیاری از خاک نمونه‌برداری شد. با توجه به اینکه خاک مزرعه سنگلاخی و کم عمق بود، تنها از مساحت چاله‌های کاشت نهال گل محمدی نمونه‌برداری شد که خاک آنها تعویض شده بود. قطر این چاله‌ها حدود ۲ متر بود که درختچه‌های گل محمدی در مرکز آنها کاشته شده بودند. از سه درختچهٔ مختلف واقع در یک سومِ اول، دوم و سوم ردیف کنترل، ۲۴ ساعت پیش و پس از هر نوبت

آبیاری برای نمونه‌برداری خاک استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی، ابتدا قطر چاله‌های مذکور مطابق شکل (۲) به چهار مربع با اضلاع ۰/۵ متر تقسیم شد به طوری که مرکز این مربع‌ها دقیقاً روی قطر چاله‌ها قرار گیرد. نمونه‌های خاک با آگر از سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری دقیقاً از مرکز این مربع‌ها تهیه شدند. مجموعاً از سه درختچه انتخاب شده در هر نوبت نمونه‌برداری، ۳۶ نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌برداری در هر نوبت با رعایت فاصلهٔ ۲ متری از ابتدا و انتهای ردیف کنترل، به دلیل سایه‌اندازی درختان مجاور، صورت گرفت (از خاک اولین و آخرین درختچه نمونه‌برداری نشد).



شکل ۲- چگونگی استقرار لوله‌های لاترال و شبکه‌بندی خاک و فاصله‌های نمونه‌برداری

Figure 2- Positions of the irrigation lateral pipes, soil grid, and soil sampling depth intervals

نمونه‌های خاک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون (گرمخانه) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌ها بعد از خروج از آون وزن شدند و رطوبت وزنی نمونه‌های خاک از رابطهٔ (۲) به‌دست آمد. چگالی ظاهری خاک با استفاده از دستگاه soil core sampler و رابطهٔ (۱) در زیر واحد مورد پژوهش محاسبه شد و از ضرب چگالی ظاهری خاک در رطوبت وزنی خاک مطابق با رابطهٔ (۳)، رطوبت‌های حجمی خاک به‌دست آمد.

$$\rho_b = \frac{M_S}{V_t} \qquad (۱)$$

$$\theta_m = \frac{M_W - M_S}{M_S} \times 100 \qquad (۲)$$

$$\theta_V = \theta_m \times \rho_b \qquad (۳)$$

در رابطه‌های بالا، ρ_b چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، M_S جرم خاک خشک (گرم)، V_t حجم استوانهٔ نمونه‌برداری (سانتی‌متر مکعب)، θ_m رطوبت وزنی خاک (درصد)، M_w جرم خاک تر (گرم) و θ_V رطوبت حجمی خاک (درصد) است.

رطوبت خاک در عمق توسعهٔ ریشه (عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک) برای هر یک از نقاط نمونه برداری در هر نوبت نمونه‌برداری با استفاده از رابطهٔ (۴) محاسبه گردید و سپس از تمامی رطوبت‌های خاک در عمق توسعهٔ ریشه (مجموعاً ۱۲ رطوبت در عمق توسعه ریشه در هر بار نمونه‌برداری) میانگین‌گیری شد و به عنوان رطوبت خاک در عمق توسعهٔ ریشه در ردیف کنترل در روز نمونه‌برداری معرفی گردید.

$$WC = (WC_{0-30} \times 300) + (WC_{30-60} \times 300) \qquad (۴)$$

در این رابطه، WC رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (صفر تا ۶۰ سانتی‌متری) بر حسب میلی‌متر، WC_{0-30} و WC_{30-60} به ترتیب درصد رطوبت حجمی خاک بر اساس نمونه‌برداری با آگر در اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری و عدد ۳۰۰ بیان کنندهٔ ضخامت لایهٔ خاکی است که از آن نمونه‌برداری شده است (بر حسب میلی‌متر).

تبخیر- تعرق مرجع

برای محاسبهٔ تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) با استفاده از داده‌های روزانهٔ هواشناسی که همزمان با دورهٔ رشد گیاه در ایستگاه هواشناسی کاشان ثبت گردیده بود، از معادله فائو- پنمن- مانتیث، نرم افزار ET_0 Calculator و نرم افزار CropWat استفاده شد (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,u_2)} \qquad (۵)$$

در این رابطه، ET_0 تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر بر روز)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع بر روز)، G شار گرمای خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)، γ ضریب ثابت سایکرومتری (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری (درجه سانتی‌گراد)، u_2 میانگین سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)، e_s فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال) و e_a فشار بخار واقعی (کیلوپاسکال) است.

تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی

به‌منظور تعیین تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی در دورهٔ رشد از معادلهٔ بیلان آب در خاک استفاده شد (Allen *et al.*, 1998):

$$ETC_A = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta\Theta \qquad (۶)$$

در این معادله، ETC_A تبخیر- تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، I عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، P بارش (میلی‌متر)، RO رواناب سطحی (میلی‌متر)، DP نفوذ عمقی (میلی‌متر)، CR مقدار رطوبتی که از طریق صعود کاپیلاری (موئینگی) به ناحیهٔ توسعهٔ ریشه بر می‌گردد (میلی‌متر) و $\Delta\Theta$ مقدار تغییرات رطوبت خاک در ناحیه توسعه ریشه (میلی‌متر) است. با توجه به اینکه در مزرعهٔ مورد پژوهش، سطح ایستابی آب در عمقی بیش از ۱۲ متر از سطح خاک قرار داشت، از صعود کاپیلاری در رابطهٔ (۶) چشم‌پوشی شد. به دلیل نفوذپذیری مناسب خاک و استفاده از سامانهٔ آبیاری قطره‌ای، رواناب در زیرواحد مورد پژوهش مشاهده نشد. با بررسی تغییرات رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک مشخص شد که در دورهٔ رشد گیاه هیچ‌گونه نفوذ عمقی اتفاق نیفتاده است. بنابراین، در رابطه (۶) تنها سه پارامتر I و P و $\Delta\theta$ برای محاسبهٔ ETC_A باقی ماند.

تعیین ضریب گیاهی گل محمدی حاصل از روش بیلان آب در خاک

از عوامل مؤثر بر ضریب گیاهی می‌توان به نوع گیاه، آب و هوا، تبخیر از سطح خاک مرطوب و دوره‌های مختلف رشد گیاه اشاره کرد (Allen *et al.*, 1998). ضریب گیاهی مبین تأثیر متقابل سه مشخصه اصلی است که باعث ایجاد تفاوت بین گیاه کشت شده و گیاه مرجع (چمن) می‌شود. این سه

مشخصهٔ عبارت‌اند از: اول، ارتفاع گیاه که روی زبری و مقاومت آئرودینامیکی مؤثر است؛ دوم، مقاومت سطح گیاه و خاک که مربوط است به مقدار سطح برگ، مقدار پوشش گیاهی موجود بر سطح زمین، سن و شرایط برگ، درجهٔ کنترل روزنه و رطوبت سطح خاک می‌باشد و سوم، آلبیدوی سطح گیاه و خاک که از مقدار پوشش گیاهی سطح زمین و رطوبت خاک سطحی تأثیر می‌پذیرد (Pereira *et al.*, 2020). برای تعیین ضریب‌های گیاهی گل محمدی، از تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی حاصل از روش بیلان آب در خاک و تبخیر- تعرق گیاه مرجع استفاده شد (Allen *et al.*, 1998):

$$K_C = \frac{ETC_A}{ET_0} \quad (۷)$$

در این رابطه، K_C ضریب گیاهی (بدون واحد) است.

بهره‌وری آب آبیاری و آب مصرفی

برای ارزیابی سودمندی آب آبیاری، مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب تعیین شد. یکی از هدف‌های این پژوهش، محاسبهٔ بهره‌وری آب آبیاری و آب مصرفی در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای بود. با استفاده از هشت عدد کنتور حجمی آب که در ابتدای هشت لولهٔ لاترال آبیاری قطره‌ای در نقاط مختلف مزرعه نصب شده بودند، حجم آب ورودی به چهار ردیف گل محمدی در طول فصل رشد محاسبه شد. این چهار ردیف شامل ردیف کنترل (ردیف A) و سه ردیف دیگر در نقاط مختلف مزرعه (ردیف‌های B، C و D) است. محصول گل محمدی برداشت شده (Y_C) در هر یک از این ردیف‌ها جداگانه وزن شدند و با استفاده از رابطه‌های زیر، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و آب مصرفی برای ردیف‌هایی تعیین گردید که در ابتدای آنها دو عدد کنتور حجمی آب نصب شده بود (چهار ردیف کنترل) (Raki *et al.*, 2020; Fernandez *et al.*, 2020):

$$WP_I = \frac{Y_c}{\sum I} \quad (۸)$$

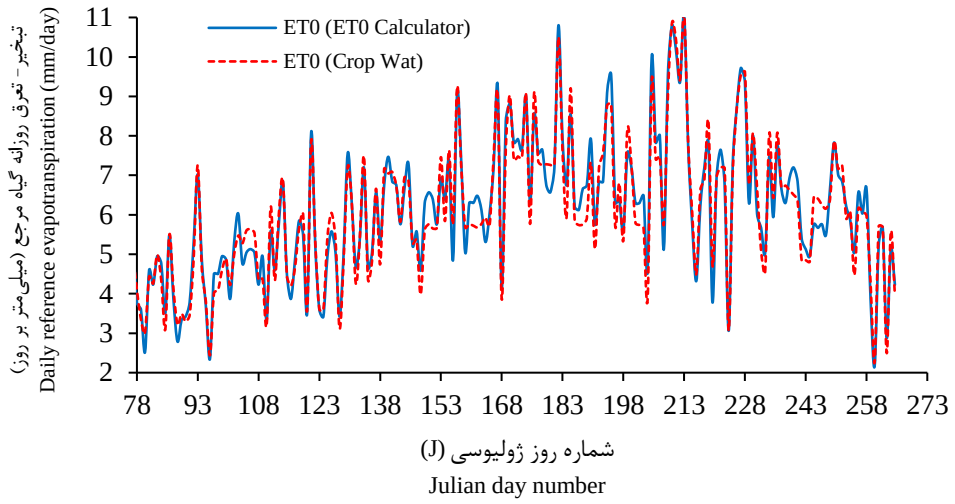
$$WP_{ET} = \frac{Y_c}{ETC_{A-S}} \quad (۹)$$

در این رابطه‌ها، WP_I بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)، Yc عملکرد محصول (کیلوگرم در ردیف کنترل)، WP_{ET} بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب)، ΣI کل حجم آبیاری در ردیف کنترل در دورهٔ رشد گل محمدی (متر مکعب) و ETC_{A-S} تبخیر- تعرق واقعی فصلی گل محمدی در طول دوره رشد است.

نتایج و بحث

تبخیر- تعرق مرجع

برای محاسبهٔ تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) از دو نرم افزار CropWat و ET_0 Calculator استفاده شد که اساس آنها معادلهٔ فائو- پنمن- مانتیث است. تبخیر- تعرق فصلی گیاه مرجع با استفاده از نرم افزارهای CropWat و ET_0 Calculator در دورهٔ رشد به ترتیب برابر با ۱۱۴۷ و ۱۱۵۵ میلی‌متر به دست آمد. ET_0 Calculator، در مقایسه با CropWat، تبخیر- تعرق فصلی گیاه مرجع را ۸ میلی‌متر بیشتر برآورد کرد. مقادیر برآورد شدهٔ تبخیر- تعرق روزانهٔ گیاه مرجع در فصل رشد با استفاده از دو نرم افزار CropWat و ET_0 Calculator در شکل (۳) ارائه شده است.



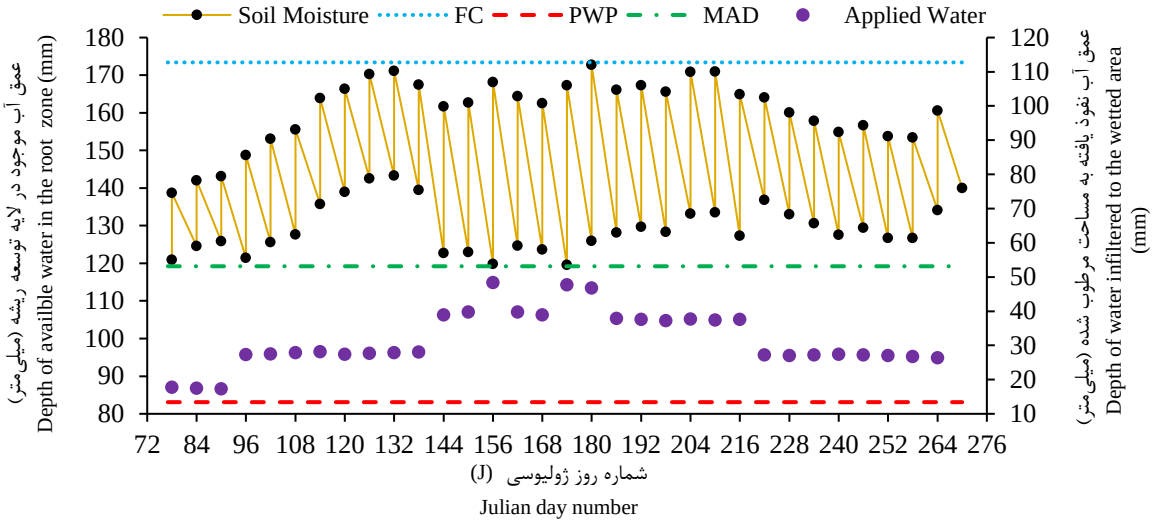
شکل ۳- تغییرات تبخیر- تعرق روزانهٔ گیاه مرجع با استفاده از نرم افزارهای CropWat و ET_0 Calculator

Figure 3- Computed daily reference evapotranspiration by Crop Wat and ET_0 Calculator soft wares

تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی

در شکل (۴)، روند تغییرات عمق آب موجود در محدودهٔ توسعهٔ ریشه برای ردیف کنترل در طول فصل رشد نشان داده شده است. به دلیل بالا بودن مقاومت گل محمدی به کم آبی، تخلیهٔ مجاز مدیریتی (MAD) برابر ۶۰ درصد توسط طراح سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در نظر گرفته شده بود و مدیریت آبیاری بر اساس آن صورت می‌گرفت. در دورهٔ رشد گل محمدی، رطوبت خاک هرگز از حد FC تجاوز نکرد. بنابراین، در ردیف کنترل هیچ‌گونه نفوذ عمقی به زیر لایهٔ توسعه ریشه رخ نداده است. با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌شود که رطوبت خاک در دورهٔ رشد هرگز از حد MAD پایین‌تر نبوده است. بنابراین، گیاه در ردیف کنترل هرگز تحت تنش رطوبتی قرار نگرفته است. از شروع فصل رشد تا آخر دههٔ دوم اردیبهشت ماه، به دلیل اینکه عمق آب آبیاری از تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی بیشتر بود، رطوبت خاک در عمق توسعهٔ ریشه از ۱۲۰ به ۱۷۲ میلی‌متر افزایش یافت. به دلیل گلدهی گیاه در این دوره، آبیاری طبق نظر کشاورز با عمقی بیش از نیاز آبی گیاه صورت گرفت تا رطوبت خاک نزدیک FC برسد. طبق نظر کشاورز، "در صورتی که گیاه در این دوره تحت تنش آبی نباشد، کیفیت گل و اسانس آن ممتاز خواهد بود". در شکل (۴) مشاهده می‌شود رطوبت اولیه خاک در عمق توسعهٔ ریشه پیش از اولین آبیاری حدود ۱۲۰ میلی‌متر است و در روز بعد از آخرین آبیاری به حدود ۱۴۰ میلی‌متر افزایش یافته است.

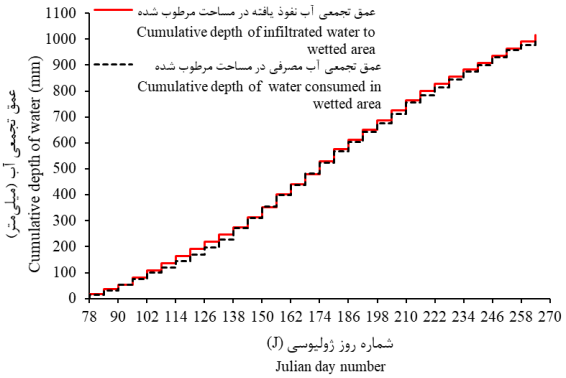
بنابراین، در فصل رشد حدود ۲۰ میلی‌متر به رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه افزوده شده است.



شکل ٤- رطوبت خاک و عمق آبیاری برای ردیف کنترل در فصل رشد

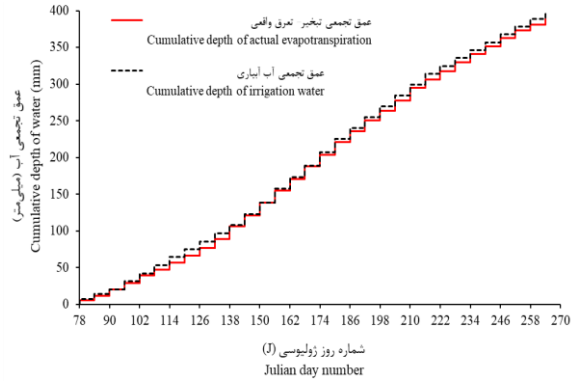
Figure 4- Depths of the soil moisture in the root zone and irrigation for the control-row during the growing season

عمق آب مصرفی گل محمدی در مساحت مرطوب شده توسط آب خروجی از قطره‌چکان‌ها طی دورهٔ رشد ۱۸۸ روزهٔ گل محمدی، ۹۹۷ میلی‌متر به‌دست آمد. با استفاده از شکل (۴) عمق آب مصرفی گیاه در مساحت مرطوب شدهٔ گیاه از مجموع اختلاف‌های بین رطوبت خاک در عمق توسعهٔ ریشه ۲۴ ساعت پیش و پس از هر نوبت آبیاری مطابق شکل (۵) حاصل گردید. عمق تجمعی آب نفوذ یافته به مساحت مرطوب شده برابر با ۱۰۱۹ میلی‌متر بود. بنابراین ۲۲ میلی‌متر آب در فصل رشد گل محمدی در مساحت مرطوب شده گیاه در عمق توسعه ریشه ذخیره شد. باید توجه داشت که عمق آب مصرفی در مساحت مرطوب شده با تبخیر- تعرق واقعی گل محمدی درکل مزرعه برابر نیست، زیرا تبخیر- تعرق واقعی گیاه در کل مزرعه (مجموع سطوح مرطوب شده و نشده) محاسبه گردید در حالی که عمق آب مصرفی فقط در ناحیهٔ مرطوب شده گیاه بر اساس پایش رطوبت خاک در همان سطح مرطوب شده محاسبه گردید. شکل (۶) نشان‌دهندهٔ عمق تجمعی آب آبیاری و تبخیر- تعرق واقعی گیاه در کل مزرعه است.



شکل ۵- عمق تجمعی آب مصرفی و آب نفوذ یافته در مساحت مرطوب شده

Figure 5- Cumulative depth of crop consumed water and infiltrated water in the wetted area



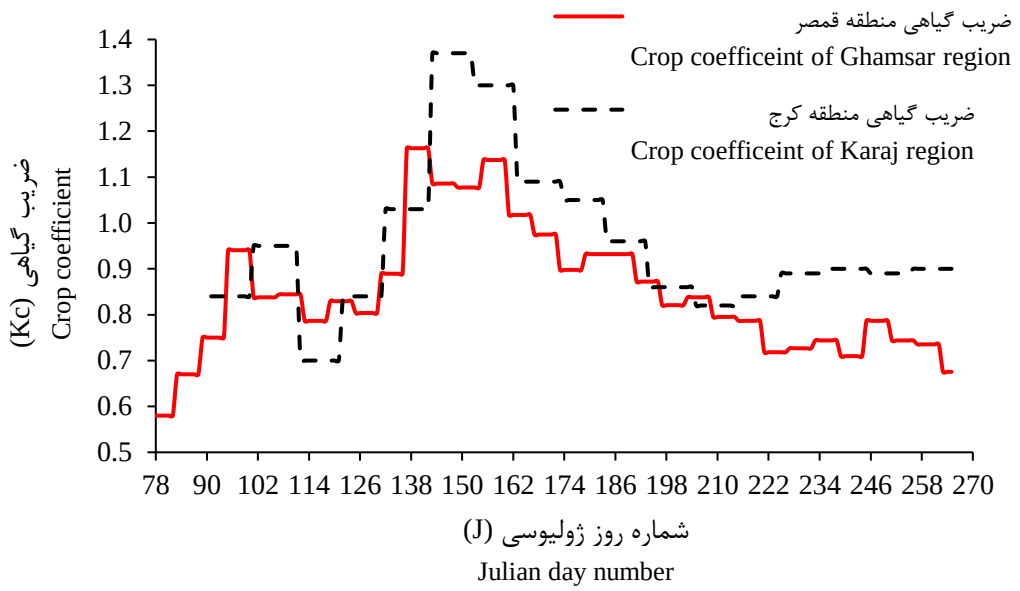
شکل ٦- عمق تجمعی آب آبیاری و تبخیر- تعرق واقعی گیاه

Figure 6- Cumulative depth of irrigation water and actual crop evapotranspiration

مقدار عمق تجمعی تبخیر- تعرق واقعی فصلی (ETC_{A-S}) طی دورهٔ رشد ۱۸۸ روزهٔ گل محمدی ۳۸۹ میلی‌متر حاصل گردید. ETC_{A-S} برای هر بازهٔ شش روزه از حاصل‌ضرب عمق آب مصرفی در مساحت مرطوب شدهٔ گیاه در هر بازهٔ شش روزه در عدد ثابت ۰/۳۹ به دست آمد. عدد ثابت ۰/۳۹ از تقسیم مساحت مرطوب شدهٔ هر گیاه (۳/۱۴×۱۲ مترمربع) به مساحت رویش هر گیاه (۲×۴ مترمربع) حاصل گردید. عمق تجمعی آب آبیاری برابر با ۴۰۰ میلی‌متر به دست آمد. اختلاف بین عمق تجمعی آب آبیاری و تبخیر- تعرق واقعی فصلی گل محمدی برابر ۱۱ میلی‌متر بود که این مقدار طی دورهٔ رشد گیاه در خاک ذخیره شد.

ضریب گیاهی گل محمدی

ضریب گیاهی گل محمدی در منطقهٔ قمصر و کرج و روند تغییرات آنها در شکل (۷) ارائه شده است. به دلیل نبود ضریب گیاهی گل محمدی در نشریهٔ فائو-۵۶، برای مقایسه از مقادیر ضریب گیاهی گل محمدی در منطقهٔ کرج استفاده شد که توسط Sharifi Ashoorabadi *et al.* (2015) ارائه شده است. بازه تقسیم بندی ضریب گیاهی در منطقهٔ کرج بر اساس هر دهه از ماه‌های فروردین تا آبان است و از ابتدای دههٔ دوم فروردین شروع شده است، درحالی که بازه تقسیم بندی ضریب گیاهی در منطقهٔ قمصر بر اساس دور آبیاری (۶ روز) از ۱۴۰۰/۱۲/۲۷ تا ۱۴۰۱/۰۶/۳۱ تعیین گردید. حداقل و حداکثر ضریب گیاهی طی دورهٔ رشد گیاه به ترتیب برابر با ۰/۶ و ۱/۲ حاصل گردید. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، مقادیر ضریب گیاهی در منطقهٔ کرج در اغلب دورهٔ رشد گیاه بیشتر از مقادیر ضریب گیاهی منطقهٔ قمصر است. دلیل این امر را می‌توان تفاوت در اقلیم، نوع سامانهٔ آبیاری، رقم و نحوهٔ کاشت گیاه دانست.



شکل ۷- مقایسهٔ ضریب‌های گیاهی محاسبه شدهٔ گل محمدی در منطقهٔ قمصر و گزارش شده در منطقهٔ کرج
Comparison of the Rosa Damascene Mill. crop coefficients calculated in the Ghamsar region and reported for Karaj region (Sharifi Ashoorabadi *et al.*, 2014)

عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی گل محمدی

در جدول (۳) مقادیر عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی در ردیف‌های مورد بررسی نشان داده شده است. وزن گل محمدی مرطوب برداشت شده از تمام مزرعه که از ۵۳ هکتار آن حدود ۴۰ هکتار تحت کشت است، برابر ۱۳۰ تن و میانگین عملکرد گل محمدی مرطوب در تمام مزرعه برابر ۳/۲۵ تن در هکتار بود. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری متعلق به ردیف کنترل با ۰/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. به دلیل اینکه رطوبت خاک در ردیف‌های B، C و D پایش نشده بود، مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در این ردیف‌ها قابل محاسبه نبود. میانگین عملکرد محصول در ردیف‌های مورد ارزیابی برابر ۴۸/۲۵ کیلوگرم در هر ردیف بود. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در ردیف‌های مورد ارزیابی برابر ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که از مقدار گزارش شده (۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب) توسط Sharifi Ashoorabadi *et al.* (2015) و مقدار گزارش شده (۱/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب) توسط Moghbeli Mehni Dareroodi *et al.* (2014) کمتر بود. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری گزارش شده توسط Sharifi Ashoorabadi *et al.* (2015) برابر ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که در مقایسه با نتایج حاصل از این پژوهش اختلاف چشمگیری دارد.

جدول ۳- عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و آب مصرفی در ردیف‌های مورد بررسی

Table 3- Yield, irrigation water productivity and water use productivity in the control-rows

ردیف Row	عملکرد محصول (کیلوگرم در ردیف کنترل) Yield (Kg/row)	آب آبیاری (متر مکعب در ردیف کنترل) Irrigation water (m^3/row)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب) Irrigation water productivity (Kg/m^3)	بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب) Water use productivity (Kg/m^3)
A	52	64.20	0.81	0.84
B	50	62.50	0.80	-
C	47	61.84	0.76	-
D	44	59.49	0.74	-
میانگین Average	**48.25**	**62**	**0.78**	**0.84**

نتیجه گیری

عمق تجمعی آب نفوذیافته به حجم یا سطح مرطوب شده گیاه و عمق تجمعی آب آبیاری در واحد سطح مزرعه در دورهٔ رشد ۱۸۸ روزهٔ گل محمدی به ترتیب برابر با ۱۰۱۹ و ۴۰۰ میلی‌متر بود. در این دوره، رطوبت خاک در لایهٔ ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک از ۱۲۰ میلی‌متر به ۱۴۰ میلی‌متر افزایش یافت. بنابراین، رطوبت خاک در لایهٔ ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک در ناحیهٔ مرطوب شده، حدود ۲۰ میلی‌متر افزایش داشت. تبخیر- تعرق مرجع فصلی در این دوره با استفاده از نرم افزارهای CropWat و ET_0 Calculator به ترتیب برابر ۱۱۴۶ و ۱۱۵۴ میلی‌متر بود که ET_0 Calculator در مقایسه با CropWat، تبخیر- تعرق مرجع فصلی را ۸ میلی‌متر بیشتر برآورد کرده است. عمق تجمعی آب مصرفی در مساحت مرطوب شده و تبخیر- تعرق واقعی تجمعی فصلی در واحد سطح مزرعه در این دوره به ترتیب برابر با ۹۹۷ و ۳۸۹ میلی‌متر بود. لازم است یادآوری شود که نیاز آبی گیاهان در واحد سطح مزرعه محاسبه و اعلام می‌گردد و نه در سطح محدودی که توسط آب خروجی از قطره‌چکان‌ها مرطوب می‌شود. ضریب گیاهی گل محمدی در دورهٔ رشد بین ۰/۶ تا ۱/۲ متغیر بود. میانگین عملکرد گل محمدی مرطوب در تمام مزرعه برابر ۳/۲۵ تن در هکتار بود. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری متعلق به ردیف کنترل با ۰/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین بهره‌وری آب آبیاری برابر ۰/۷۸ حاصل گردید و بهره‌وری آب مصرفی در ردیف کنترل برابر ۰/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. با افزایش حجم آبیاری در ردیف‌های مورد بررسی مشاهده گردید که عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری افزایش پیدا می‌کند. با تعمیم شرایط ردیف A به کل مزرعه مشخص شد اگر تمام مزرعه در طول دورهٔ رشد ۱۵۶۰۰۰ متر مکعب آبیاری شود، عملکرد کل مزرعه حدود ۱۳۰ تن خواهد بود. با تعمیم شرایط ردیف D به کل مزرعه مشخص شد اگر تمام مزرعه در طول دورهٔ رشد ۱۴۸۷۲۵ متر مکعب آبیاری شود، عملکرد کل مزرعه حدود ۱۱۰ تن خواهد بود. بنابراین با ۷۲۷۵ متر مکعب صرفه جویی در مصرف آب آبیاری، عملکرد کل مزرعه حدود ۲۰ تن کاهش خواهد یافت.

سپاس گزاری

نویسندگان مقاله از اعضای مزرعهٔ ۵۳ هکتاری گل محمدی قمصر شهرستان کاشان به دلیل کمک‌های ارزنده‌شان برای به ثمر رسیدن این مقاله، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

مراجع

Agriculture Organization Statistics. Deputy of planning and Economic affairs (2020). http://maj.ir/index.aspx (in Persian).

Ali Hoori, M. (2017). Lysimetric determination of water requirement and crop coefficient of date palm in vegetative growth phase. *Water Research in Agriculture*, 31(3), 329-340 (in Persian).

Alizade, A., and Kamali, GH. A. (2008). Water requirement of plants in Iran. Mashhad, Iran. Astan Ghods Imam Reza University (in Persian).

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9): D05109.

Carins. T. (2003). Horticultural classification Schemes. 117-124. In: Robertes A.V. Debener T. and Gudin S. (Eds.). Encyclopaedia of Rose Science. Elsevier Academic press.

Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. (1977). Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p.

Erfanian, M., Alizade, A., and Mohammadian, A. (2010). Investigating the possible changes in the current need of watering plants compared to the numbers listed in the National Irrigation Document (Case Study: Khorasan Razavi Province). Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 4(3), 478-492 (in Persian).

Raki, S., Bouras, E., Rodriguez, J. C., Watts, C. J., Lizarraga-Celaya, C., and Chehbouni., A. (2020). Parameterization of the AquaCrop model for simulating table grapes growth and water productivity in an arid region of Mexico. *Agricultural Water Management*, 245: 106585.

Fernandez, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez- Santana. V., and Cuevas, M.N. (2020). Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: a case study of a super high density olive tree orchard. *Agricultural Water Management*, (237): 106074.

Koochakzade, M., and Bahmani, A. (2005). Evaluation of the performance of artificial neural networks in reducing the required parameters to estimate reference evapotranspiration. *Agricultural Science*, 11(4), 91-101 (in Persian).

Moghbeli Mehni Dareroodi, A., Delbari, M., and Koohi, N. (2014). Effect of surface and subsurface drip irrigation on yield of Damask Rose under different irrigation regimes. *Iran Soil and Water Research*, 45(4), 405-412 (in Persian).

Payero, J. O., and Irmak, S. (2011). Daily crop evapotranspiration, crop coefficient and energy balance components of a surface irrigated maize field. Evapotranspiration-From Measurements to Agricultural and Environmental Applications. Rijeka, Croatia: InTech, 59-78.

Pereira, L. S., Paredes, P., and Jovanovic, N. (2020). Soil water balance models for determining crop water and irrigation requirements and irrigation scheduling focusing on the FAO56 method and the dual Kc approach. *Agricultural Water Management*, 241, 106357.

Saremi, M., Farhadi, B., Maleki, A., and Ferasati, M. (2015). Effects of deficit irrigation on yield, yield components and water use efficiency of lentil in Khorramabad. *Plant Production Research*, 22(3), 337-342 (in Persian).

Sharifi Ashoorabadi, E., Roohipoor, H., Asare, M.H., Tabaei Aghdaei, S.R., Lebaschi, M.H. and Naderi, B. (2015). Lysimetric determination of water requirement of the Rosa damascene Mill. *Research of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 30(6), 923-931 (in Persian).

Sohrab, F., and Zarei, Gh. (2016). Water Management in Cultivation of Rosa Damascene Mill. *Water Management in Agriculture*, 3(1), 35-48 (in Persian).

Tavakkoli Nekoo, H., Moradi, M.R., and Naeini, M.R. (2019). Economic evaluation of Rosa damascene Mill. cultivation. Tehran, Iran. Publication of Agricultural Education (in Persian).

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.23/No.88/ Autumn 2022/P: 82-98

Water Requirement and Water Productivity of Rosa Damascene Mill. Under a Double Row Drip Irrigation System by the Soil Water Balance Method in the Ghamsar Region

S. R. Zaheri Kashani, S. M. Mirlatifi* and H. Dehghani Sanij

* Corresponding Author: Associate professor, Department of Engineering and Water Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction

Rosa Damascene Mill. is cultivated in the most parts of Iran. The flowers of Rosa Damascene Mill. are worldwide well known for their fine fragrance and are harvested to produce rose oil used in perfumery or to make rose water. They are also edible as food flavor or herbal tea. Also, since Rosa Damascene Mill. is an organic product, the price of its oil (rose oil) is impressive in international markets. Due to the lack of water resources in the world, especially in arid and semi-arid areas such as Iran, accurate estimates of the crop water requirements are necessary and essential for planning and managing irrigation events in the field. One method among the many available ones for estimating the crop evapotranspiration is the use of the reference evapotranspiration (grass) and crop coefficients. Crop coefficients can be variable due to the differences in plant variety, climatic conditions and the type of water, soil and plant managements. Therefore, for a more accurate estimate of crop evapotranspiration, local crop coefficients should be derived and used. The purpose of this research is to determine the crop coefficients of the Rosa Damascene Mill. under a two-row drip irrigation system using the soil water balance method in the Ghamsar region.

Methodology

This research was conducted during 2022 in a 53-hectare Rosa Damascene Mill. farm in the Ghamsar city. The soil moisture content prior and after each irrigation event was measured by gravimetric method. The actual evapotranspiration of the Rosa Damascene Mill. was calculated during the growing season as the residual term of the soil water balance equation. The crop coefficient was obtained by dividing the actual evapotranspiration of the Rosa Damascene Mill. by the reference evapotranspiration. ET_0 Calculator and Crop Wat software were used to calculate reference evapotranspiration by the FAO- Penman- Monteith equation using the daily meteorological data recorded at the nearest weather station. In order to evaluate the usefulness of the irrigation water consumed, the water productivity indicators were determined. Using 8 volumetric flow meters that were installed at the beginning of 8 irrigation trickle lateral pipes in different parts of the field, the volume of water entering 4 control-rows of Rosa Damascene Mill. during the growing season was measured. Also, harvested flowers of the Rosa Damascene Mill. (Y_C) in each one of these control-rows were weighed separately and irrigation water productivity and water use productivity were determined for each one of the control-rows.

Result and Discussion

The Crop Wat and ET0 Calculator software estimated the seasonal reference evapotranspiration during the growing season to be 1147 and 1155 mm, respectively. The depth of water consumed by the Rosa Damascene Mill. in the wetted area by the water coming out of the emitters during the 188-day growing season of Rosa Damascene Mill. was 997 mm. The cumulative depth of water infiltrated into the wetted area was equal to 1019 mm. It should be noted that the depth of water consumption in the wetted area is not equal to the actual evapotranspiration of the Rosa Damascene Mill., because the actual evapotranspiration of the crop was calculated per unit of field area (sum of wetted and non- wetted areas), while the depth of water

consumption in the wetted area was calculated. The minimum and maximum crop coefficients during the growing season were 0.6 and 1.2, respectively. The weight of the wet Rosa Damascene Mill. flower harvested from the entire farm, which is about 40 hectares cultivated out of the 53 hectares total, was equal to 130 tons. Therefore, the average yield of wet Rosa Damascene Mill. flower in the 40 hectares cultivated area was 3.25 tons per hectare. The highest amount of irrigation water productivity obtained from a control-row was 0.81 kg/m3. The average yield of Rosa Damascene Mill. flower in the evaluated control-rows was 48.25 kg per row, where the average irrigation water productivity was 0.78 kg/m3.

Conclusions

The reported crop coefficient values in the Karaj region are higher than the crop coefficient values obtained in the Ghamsar region during most of the growing season. This difference can be attributed to the differences in the climate and the type of irrigation system used, the type of crop variety, and the way the crop was managed. With the increase of irrigation volume in the studied rows, it was observed that the yield and irrigation water productivity increased. By generalizing the conditions of the control-row A to the whole farm, it was determined that if the whole farm was irrigated with a volume of 156,000 m^3 during the growing season, the yield of the whole farm would had reached about 130 tons. By generalizing the conditions of control-row D to the whole farm, it was determined that if the whole farm was irrigated during the growing season with a volume of 148,725 m^3, the yield of the whole farm would had been about 110 tons. Therefore, by saving 7275 m^3 of irrigation water, the yield of the entire farm would decrease by about 20 tons.

Keywords: Actual evapotranspiration, Crop coefficient, Soil moisture monitoring, Water use productivity, Yield