نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۲، آذر - دی ۱۳۹۷، ص. ۱۱۳۹-۱۱۲۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 12, Des.-Jan. 2018, p. 1129-1139

تعیین تبخیر - تعرق واقعی، ضرایب گیاهی و کارایی مصرف آب سیر در منطقه آذرشهر

محمد حسین بیات[۱]، سیدمجید میرلطیفی[۲*]، حسین دهقانی سانیج[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱

چکیده

هدف از آبیاری دست‌یابی به عملکرد بهینه همراه با استفاده اقتصادی از آب براساس نیاز گیاه است. بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه با جلوگیری از مصرف بیش از حد آب منجر به توزیع یکنواخت آب، آبیاری در مزرعه و افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. برای بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه، تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان و برآورد دقیق تبخیر - تعرق گیاهان ضروری است. این پژوهش در منطقه آذرشهر در استان آذربایجان‌شرقی به منظور تعیین تبخیر - تعرق واقعی، ضرایب گیاهی و کارایی مصرف آب سیر انجام گرفت. تبخیر - تعرق واقعی گیاه سیر طی فصل رشد ($ET_{a.o-s}$) با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های دوره‌ای اجزای بیلان آب در مزرعه، شامل رطوبت خاک و عمق آبیاری محاسبه گردید. تبخیر - تعرق واقعی سیر در طول دوره رشد برابر با ۵۵۲ میلی‌متر و کارایی مصرف آب (WUE) ۳/۴۷ کیلوگرم محصول خشک به ازای هر مترمکعب تبخیر - تعرق به‌دست آمد. ضرایب گیاهی سیر با استفاده از تبخیر - تعرق مرجع چمن محاسبه شده از معادله پنمن - مانتیث فائو برای دوره‌های میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر با ۱/۳۷ و ۰/۵۷ برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان‌شرقی، پنمن - مانتیث، مدیریت مصرف آب

مقدمه

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش از سایر مناطق بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تبخیر - تعرق گیاه که معرف مصرف آب در بخش کشاورزی است، تحت‌تأثیر شرایط آب و هوایی و مراحل رشد گیاه بوده و نشان‌دهنده‌ی میزان آب مورد نیاز یک گیاه سالم در یک مزرعه بدون محدودیت آب است (Allen et al., 1998). تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان برای دست‌یابی به عملکرد بهینه همراه با استفاده اقتصادی از آب نیاز است.

سیر[۴] با نام علمی .Allium sativum L گیاهی از خانواده پیاز[۵] می‌باشد. موطن اصلی سیر، آسیا و نواحی از ایران، افغانستان و هندوستان گزارش شده است. سیر از لحاظ تولید جهانی در بین سبزی‌های پیازی بعد از پیاز خوراکی قرار دارد و به لحاظ ارزش غذایی و دارویی از اهمیت زیادی برخوردار است (نوربخشیان و همکاران، ۱۳۸۵). سیر گیاهی حاوی ترکیبات بی‌نظیر گوگردی مانند آلیسین[۶] با آثار بسیار مفید بر روی سیستم گردش خون و قلب است (بقالیان و همکاران، ۱۳۸۳). با استناد به گزارش سازمان خوار و بار جهانی سطح زیر کشت جهانی سیر به صورت سالانه در حال افزایش است، به طوری‌که در سال ۲۰۱۴ سطح زیر کشت سیر در دنیا ۱۵۴۷۳۸۱ هکتار و در ایران ۸۲۷۳ هکتار گزارش شده است، هم‌چنین میزان عملکرد سیر در جهان و ایران به ترتیب ۱۶ و ۹ تن در هکتار گزارش شده است (FAO[۷]., 2014). میانگین عملکرد سیر در ایران به دلیل عدم مدیریت مناسب کم‌تر از میانگین عملکرد جهانی آن است (بقالیان و همکاران، ۱۳۸۳).

مطالعات اندکی درباره‌ی مصرف آب و مدیریت آبیاری برای سیر وجود دارد. هانسون و همکاران طی تحقیقی که در غرب دره سن-واکین کالیفرنیا انجام شد، سیر را گیاهی حساس به کم‌آبی دانستند که آب مصرفی آن در طول دوره رشد ۴۳۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد (Hanson et al., 2003). ویلالوباس و همکاران تبخیر - تعرق سیر تحت‌تأثیر کم‌آبیاری در نواحی نیمه‌خشک اسپانیا را ۴۷۰ میلی‌متر،

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: mirlat_m@modares.ac.ir)

4- Garlic
5- Alliaceae
6- Allysine
7- Food and Agricultural Organization

حداکثر ضریب گیاهی سیر، از مرحله پوشش گیاهی کامل تا بیش‌ترین شاخص سطح برگ، بین ۱/۲ تا ۱/۳ و ۰/۷ در پایان فصل رشد و کارایی مصرف آب در سیر را به ازای کل ماده خشک ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب و به ازای محصول تازه ۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی گزارش نمودند (Villaobos et al., 2004). فابیرو کورتس و همکاران پس از محاسبه تبخیر – تعرق مرجع با استفاده از معادله پنمن – مانتیث، ضریب گیاهی سیر را در مرحله ابتدایی رشد ۰/۴، در مرحله توسعه ۱، و در مرحله پایانی ۰/۶ گزارش نمودند. آن‌ها آخرین مرحله از رشد محصول سیر (رسیدن محصول) و مرحله میانی را نسبت به کم‌آبی حساس دانسته و کم‌آبیاری در این دو مرحله را به واسطه تأثیرات منفی بر کیفیت و کمیت محصول، صحیح ندانستند. هم‌چنین نشان دادند آب موردنیاز برای کل دوره رشد سیر از ۴۶۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌نماید (Fabeiro Cortes et al., 2003). آبارز نیاز آبی سیر را در طول دوره آبیاری بهاره در شرایط اقلیمی سرد و خشک واقع در غرب دره سن‌واکین در کالیفرنیا، تقریبا ۴۲۵ میلی‌متر بدست آورد، که ۲۵ درصد آن به کمک بارش و باقی‌مانده آن توسط آبیاری تامین می‌گردد. وی حداکثر ضریب گیاهی سیر براساس گیاه مرجع چمن را در محدوده ۱/۴–۱/۳ گزارش نمودند. آبارز نتیجه‌گیری نمود که به دلیل وقوع بارندگی‌های متعدد و قرار گرفتن مراحل اولیه رشد در زمستان، ضریب گیاهی در مراحل ابتدایی رشد قابل اندازه-گیری دقیق نبود (Ayars., 2008). زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) نیاز آبی سیر طی فصل رشد را در منطقه همدان، در شرایط فراهمی کامل آب، معادل ۵۴۶/۵ میلی‌متر، ضریب گیاهی سیر در مرحله ابتدایی رشد، در انتهای مرحله توسعه و در مرحله پایانی به ترتیب ۰/۵، ۱/۴ و ۰/۳ و کارایی مصرف آب محصول خشک آن را ۲/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند.

مطالعات فراوانی در زمینه‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در بخش کشاورزی تا به حال انجام شده است، البته سهم مطالعات مربوط به بهره‌وری اقتصادی آب بسیار کم‌تر بوده است. در سال‌های اخیر به دلیل بحرانی‌تر شدن کمبود منابع آب این موضوع با اهمیت بیش‌تری دنبال شده است. سپه‌وند (۱۳۸۸) بهره‌وری اقتصادی مصرف آب برای دو محصول گندم و کلزا پاییزه را به ترتیب ۲۱۲۸ و ۱۵۰۸ ریال بر مترمکعب محاسبه نمود. هم‌چنین نتایج مطالعه زمانی و همکاران (۱۳۹۳) در خصوص بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار نشان دهنده آن است که محصول سیر و یونجه به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری اقتصادی را دارا بودند. در تحقیقی دیگر اشراقی و قاسمیان (۱۳۹۱) به بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در استان گلستان در مورد برخی از محصولات مهم این منطقه از جمله پنبه، کلزا، سویا و برنج پرداختند. نتایج تحقیق نشان دهنده آن بود که بیش‌ترین میزان بهره‌وری اقتصادی آب برای محصول پنبه آبی در گنبد کاووس به میزان ۱۳۴۹۶۰، برای محصول کلزای آبی در آق‌قلا به میزان ۵۶۲۰، برای محصول سویای تابستانه آبی در مینودشت به میزان۳۹۴۰، برای محصول برنج دانه‌بلند مرغوب در مینودشت به میزان ۲۱۰۸۰، برای محصول برنج پرمحصول در علی‌آباد به میزان ۹۸۸۰ و برای محصول برنج دانه‌متوسط مرغوب در کلاله به میزان ۹۶۰۰ ریال بر هر مترمکعب آب بوده است.

همان‌گونه که ذکر گردید هدف از پژوهش حاضر تعیین تبخیر – تعرق واقعی و کارایی مصرف آب سیر تحت مدیریت کشاورز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر جهت دست‌یابی به اهداف تحقیق، در سال ۱۳۹۵ مزرعه سیر در یکی از مزارع شهرستان آذرشهر در زمینی به مساحت ۳۲۷۸ مترمربع در شهر تیمورلو در بخش گوگان شهرستان آذرشهر با طول جغرافیایی ″۱۳ ′۵۴ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی ″۲۳ ′۴۸ °۳۷ شمالی انتخاب گردید و کلیه پارامترهای مربوط به مدیریت آبیاری و زراعی، شامل رطوبت خاک، حجم آب ورودی به مزرعه و عملکرد محصول، تحت مدیریت کشاورز، اندازه‌گیری گردید. در نهایت تبخیر – تعرق واقعی و کارایی مصرف آب سیر در مزرعه فوق محاسبه گردید.

جهت آماده سازی بستر کاشت، مزرعه شخم نسبتا عمیقی در اوایل شهریور زده شد و پس از آن عملیات دیسک‌زنی اجرا شد و پس از دیسک‌زنی، کرت‌هایی به ابعاد ۹ ×۳/۲ متر ایجاد گردید. سپس با استفاده از نیروی کارگری کرت‌ها به طور کامل تسطیح شد. قبل از کاشت سیر جهت ریشه‌کنی و مبارزه با آفات و قارچ‌ها یک مرحله سم‌پاشی با قارچ‌کش فولیکور[1] به وسیله تراکتور صورت گرفت. برای رشد بهتر بوته‌های سیر قبل از کاشت میزان ۱۲/۲ تن در هکتار کود مرغی و ۱/۲۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با استفاده از ادوات ساده زراعی در سطح مزرعه پخش شده و با خاک مخلوط گشت. سیرها پس از جبه شدن و کنترل صحت و سلامت ظاهری در تاریخ ۱۳۹۴/۰۷/۰۱ در ردیف‌های به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و فاصله ۱۰ سانتی‌متر در هر ردیف، در عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک و به صورت دستی کاشته شدند.

آبیاری مزرعه از تاریخ ۱۳۹۴/۰۷/۰۱ آغاز گردید و در طول فصل رشد ۷ نوبت آبیاری به شیوه غرقابی و با استفاده از آب چاه انجام شد. حجم آب ورودی به مزرعه با استفاده از یک فلوم WSC تیپ IV با معادله واسنجی ۱ اندازه‌گیری شد (Chamberlain., 1952):

$$Q = 0.0294H^{2.102} \quad (1)$$

که در این معادله Q دبی عبوری از فلوم (لیتر بر ثانیه) و H عمق آب در فلوم (سانتی‌متر) می‌باشد. در هر نوبت آبیاری عمق آب عبوری

1- Folicur

از فلوم اندازه‌گیری شد و دبی آب ورودی به مزرعه به دست آمد. با استفاده از دبی جریان ورودی و مدت زمان آبیاری، حجم آب ورودی به مزارع در هر نوبت آبیاری مشخص شد. طبق رابطه ۲ با تقسیم حجم آب ورودی بر مساحت مزارع، عمق آبیاری مشخص گردید (علیزاده، ۱۳۹۰)

$$I = \frac{Q \times t}{A} \quad (۲)$$

که در این معادله Q دبی جریان ورودی (لیتر بر ثانیه)، I عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، t مدت زمان آبیاری (ثانیه) و A مساحت زمین (مترمربع) می‌باشد.

رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (WC) (سانتی‌متر در ۶۰ سانتی‌متر) براساس معادله ۳ محاسبه گردید.

$$WC = WC_{10} \times 10 + WC_{20} \times 10 + WC_{30} \times 10 + WC_{40} \times 15 + WC_{60} \times 15 \quad (۳)$$

که در معادله‌ی فوق WC_{10}، WC_{20}، WC_{30}، WC_{40} و WC_{60} به ترتیب رطوبت حجمی خاک براساس اندازه‌گیری با دستگاه رطوبت‌سنج PR2 یا مته در اعماق ۰ تا۱۰، ۱۰ تا۲۰، ۲۰ تا۳۰، ۳۰ تا۴۰ و ۴۰ تا۶۰ سانتی‌متری می‌باشد. درصد تخلیه مجاز (MAD) برای گیاه سیر ۳۰ درصد ظرفیت نگه‌داشت خاک پیشنهاد گردیده است (Allen et al., 1998). در مجموع ۶ لوله دسترسی وسیله اندازه‌گیری رطوبت در خاک (دستگاه رطوبت‌سنج PR2)، در مزرعه سیر کارگذاری شد و نمودارهای پایش رطوبت خاک برای آن‌ها تهیه شد (شکل۳). در این شکل‌ها حروف A تا F مشخص‌کننده محل قرار گرفتن لوله‌های دسترسی در نقاط A تا F در مزرعه و نقاط مشاهداتی نیز مشخص‌کننده تغییرات رطوبت حجمی خاک که توسط مته نمونه‌برداری شده است، می‌باشد. رطوبت خاک (θ) پیش و پس از هر نوبت آبیاری جهت بررسی تغییرات رطوبت خاک، نفوذ عمقی و برآورد تبخیر - تعرق واقعی با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج PR2 و مته در اعماق مشخصی از خاک (۰ تا۱۰، ۱۰ تا۲۰، ۲۰ تا۳۰، ۳۰ تا۴۰ و ۴۰ تا۶۰ سانتی‌متری) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه رطوبت نمونه‌هایی که با مته برداشت شدند، آن‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و سپس با اندازه‌گیری وزن ظرف، رطوبت وزنی خاک محاسبه شد. در نهایت با استفاده از وزن مخصوص ظاهری و ضرب آن در رطوبت وزنی، رطوبت حجمی به‌دست آمد. شکل ۱ تصویر شماتیک و مدل مفهومی نحوه تغییرات رطوبت در خاک مزرعه را نشان می‌دهد. برای محاسبه‌ی تبخیر - تعرق واقعی روزانه (ET_{A-D}) بین دو اندازه‌گیری متوالی رطوبت خاک از معادله ۴ استفاده شد. هم‌چنین با توجه به این موضوع که در برخی از آبیاری‌های مزرعه θ در روز آبیاری اندازه‌گیری نشده بود، اقدام به برآورد پارامتر مذکور در زمان‌های مورد اشاره گردید. بدین منظور با فرض این‌که ET_{A-D} در دوره‌ی زمانی روز آبیاری تا n امین روز قرائت θ قبل از آبیاری برابر با مقدار متناظر آن در فاصله‌ی زمانی n امین و (n-1) امین قرائت θ قبل از آبیاری باشد، با کم کردن تبخیر - تعرق تجمعی محاسبه شده برای دوره‌ی زمانی از θ در زمان قرائت قبل از آبیاری، θ در این روز محاسبه گردید. پس از برآورد نمودن θ در روز آبیاری، با اضافه کردن عمق آبیاری (I) به آن، θ بلافاصله بعد از آبیاری محاسبه گردید. برای محاسبه ET_{A-D} پس از آبیاری نیز میزان تبخیر - تعرق در بازه‌ی زمانی n امین و (n+1) امین قرائت پس از آبیاری محاسبه شد.

$$ET_{A-D} = \frac{WC_{n-1} - WC_n}{\Delta t} \quad (۴)$$

که در این معادله ET_{A-D} تبخیر - تعرق واقعی روزانه (سانتی‌متر)، WC_n رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (۶۰ سانتی‌متر) در قرائت nام (سانتی‌متر)، WC_{n-1} رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در قرائت n-1 (سانتی‌متر)، Δt بازه زمانی بین دو قرائت n و n-1 (روز) می باشد. هم‌چنین تبخیر - تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد به صورت رابطه ۵ محاسبه شد.

$$ET_{A-S} = \sum_{\text{روز کاشت}=i}^{\text{روز برداشت محصول}} (ET_{A-D})_i \quad (۵)$$

که در معادله‌ی فوق ET_{A-S} تبخیر - تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد (میلی‌متر) و ET_{A-D} تبخیر - تعرق واقعی روزانه گیاه (میلی‌متر) می‌باشد. بدین ترتیب ضرایب گیاهی سیر براساس تبخیر - تعرق گیاه مرجع چمن و تبخیر - تعرق واقعی که اندازه‌گیری شده بود با استفاده از معادله ۶ محاسبه گردید.

$$K_c = ET_c / ET_o \quad (۶)$$

که در این معادله، K_c ضریب گیاهی، ET_o تبخیر - تعرق مرجع چمن محاسبه شده با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی سهند، براساس معادله پنمن - مانتیث (میلی‌متر بر روز) و ET_c تبخیر - تعرق گیاه سیر (میلی‌متر بر روز) می‌باشد.

جهت کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد، عملیات وجین در ۲ مرحله به صورت دستی انجام گرفت. بعد از نوبت آبیاری سوم در اواسط فروردین ۳۳۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک به مزرعه داده شد.

بعد از زرد شدن برگ‌ها، عملیات برداشت در تاریخ ۱۳۹۵/۰۳/۱۵ به صورت دستی و توسط نیروی کارگری انجام گرفت. پس از برداشت، بوته‌های سیر برای مدت چند روز در مزرعه روی زمین در مقابل آفتاب قرار گرفت تا کامل خشک شود. سپس با چاقو قسمت‌های هوایی و ریشه‌ها از حبه‌های سیر جدا شد و در نهایت عملکرد محصول خشک به‌دست آمد. لازم به ذکر است که براساس رسم جاری در منطقه، کشاورز مزرعه مورد استفاده ساقه سیر معادل ۱۰ سانتی‌متر را از حبه‌ها جدا ننموده و به همین صورت محصول نهایی را توزین کرده و به بازار عرضه نمود. مقادیر ارایه شده به عنوان

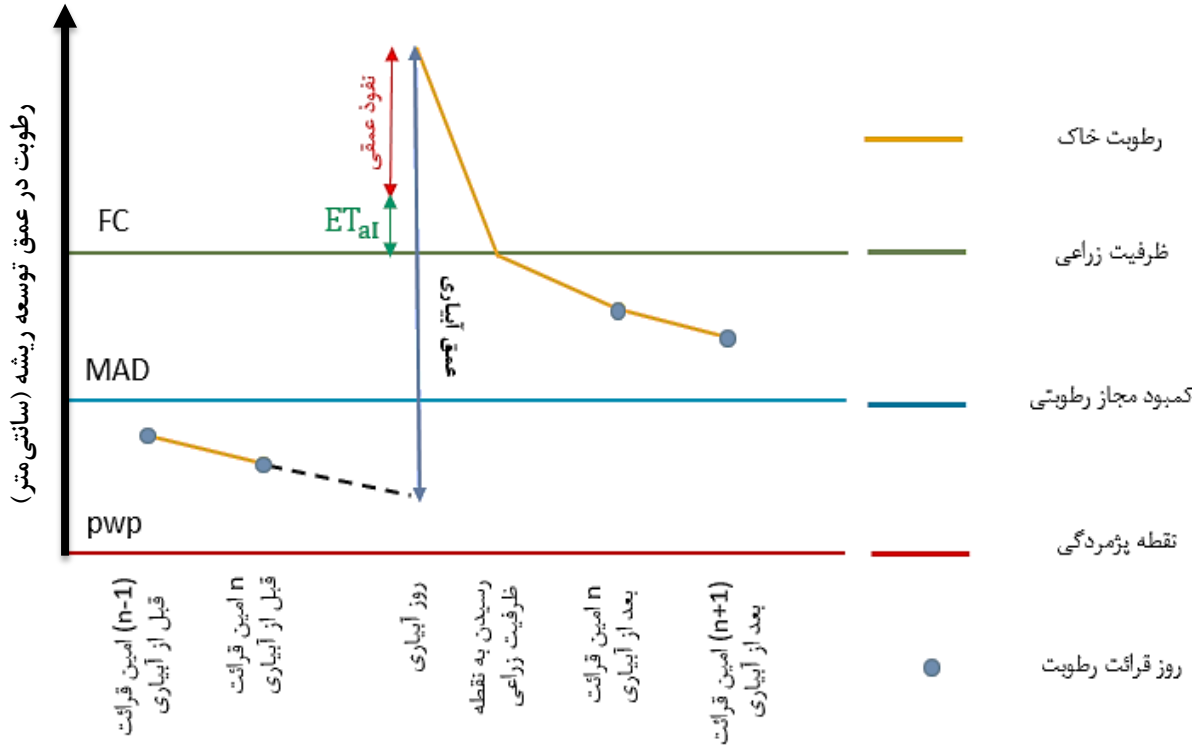
محصول نهایی شامل وزن ساقه‌های متصل به حبه (به طول حدود ۱۰ سانتی‌متر) و حبه‌های سیر می‌باشد. در نهایت بهره‌وری آب (WP)، کارایی مصرف آب (WUE) و بهره‌وری اقتصادی آب (WP_e) سیر براساس معادله‌های ۷ تا ۹ محاسبه شد (Molden et al., 1997).

$$WP = \frac{Y_C}{\sum I + \sum P} \quad (۷)$$

$$WUE = \frac{Y_C}{ET_{A-S}} \quad (۸)$$

$$WP_e = \frac{I_N}{\sum I + \sum P} \quad (۹)$$

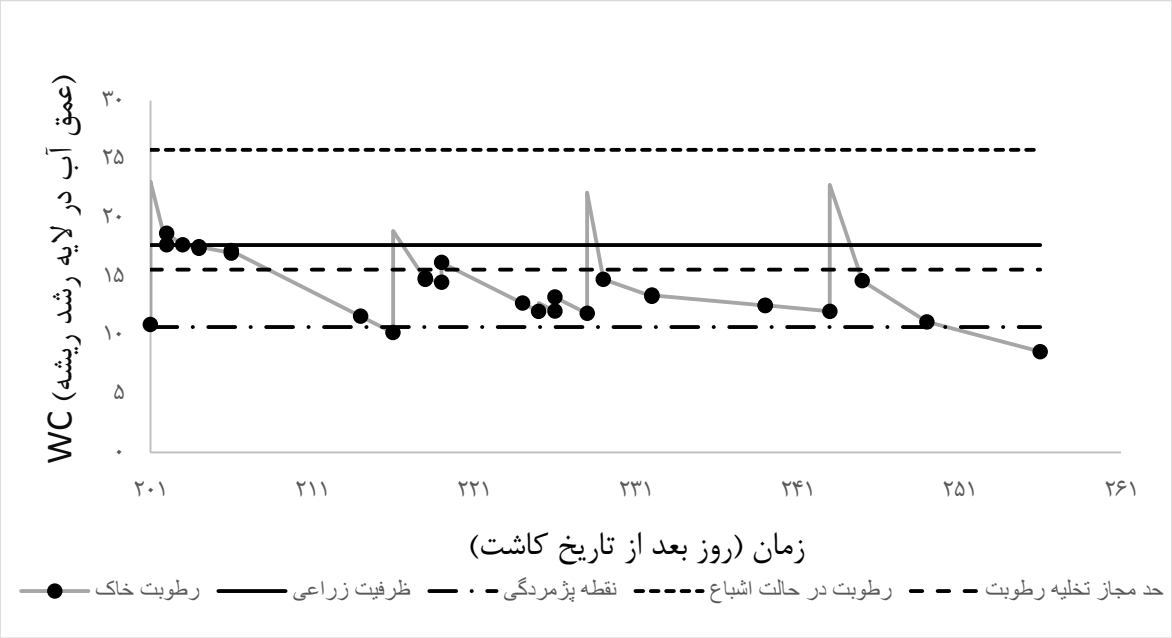
که در این معادلات، WP بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_C عملکرد محصول (کیلوگرم)، $\sum I$ کل حجم آبیاری در طول فصل کشت (مترمکعب)، $\sum P$ کل حجم بارندگی در طول فصل کشت (مترمکعب)، WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) و ET_{A-S} تبخیر – تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل کشت (مترمکعب)، WP_e بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب) و I_N سود خالص (که از تفاوت هزینه‌های انجام شده در طی فصل و درآمد ناشی از تولید برحسب ریال به‌دست می‌آید) می‌باشد.



شکل ۱- تصویر شماتیک و مدل مفهومی تغییرات رطوبت در خاک مزرعه

نتایج و بحث

در شکل‌های ۲ و ۳ منحنی‌های رطوبتی به ترتیب، مربوط به تغییرات رطوبت خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه در نقاط نمونه‌برداری شده توسط مته و در لوله‌های دسترسی دستگاه PR2 ترسیم شد. در نوبت آبیاری پنجم در تاریخ ۲۱۶ روز پس از کاشت به دلیل عمق آبیاری کم، در لوله‌های دسترسی C، D، E و F میزان رطوبت کم‌تر از FC می‌باشد، به همین دلیل نفوذ عمقی در این مکان‌ها صفر می‌باشد. هم‌چنین در نقاطی که رطوبت خاک توسط مته اندازه‌گیری شده بود (مشاهداتی) و لوله‌های دسترسی A و B، به دلیل عمق آبیاری کم میزان رطوبت در نزدیکی ظرفیت زراعی بوده و به دلیل تغییرات ناچیز در رطوبت خاک نفوذ عمقی صفر می‌باشد. در جدول ۱ با استفاده از منحنی‌های رطوبتی نفوذ عمقی و راندمان کاربرد به ازای کلیه منحنی‌های رطوبتی محاسبه گردید. نتایج حاصل از نوبت آبیاری پنجم به دلیل این‌که نفوذ عمقی در کلیه لوله‌های دسترسی و مشاهداتی صفر در نظر گرفته شده بود، در جدول ذکر نگردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقادیر نفوذ عمقی (dp) و راندمان کاربرد (Ea) به ازای نقاط مختلف اندازه‌گیری در مزرعه در یک نوبت آبیاری متفاوت می‌باشد. هم‌چنین این تفاوت در مقادیر ذکر شده به ازای نوبت‌های مختلف آبیاری نیز مشهود است. از عوامل تأثیرگذار بر این تفاوت می‌توان به موارد فوق اشاره کرد: ۱- عدم رعایت فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری و عدم توجه به رطوبت خاک در زمان آبیاری تأثیر زیادی در میزان نفوذ عمقی و راندمان کاربرد داشته است.

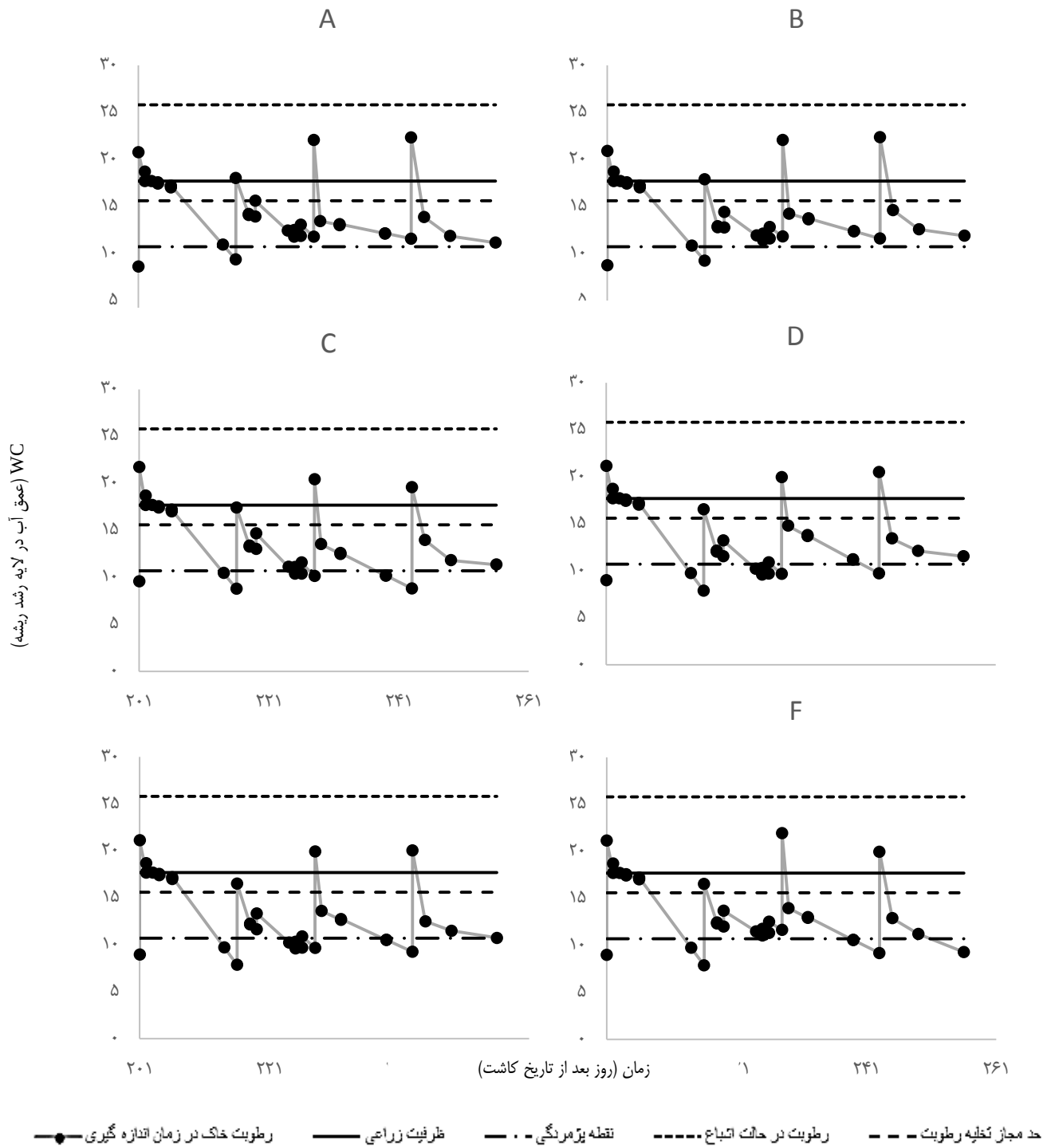


شکل ۲- تغییرات رطوبت خاک مزرعه سیر در عمق ۰ تا ٦۰ سانتی‌متری در نقاط نمونه‌برداری شده توسط مته

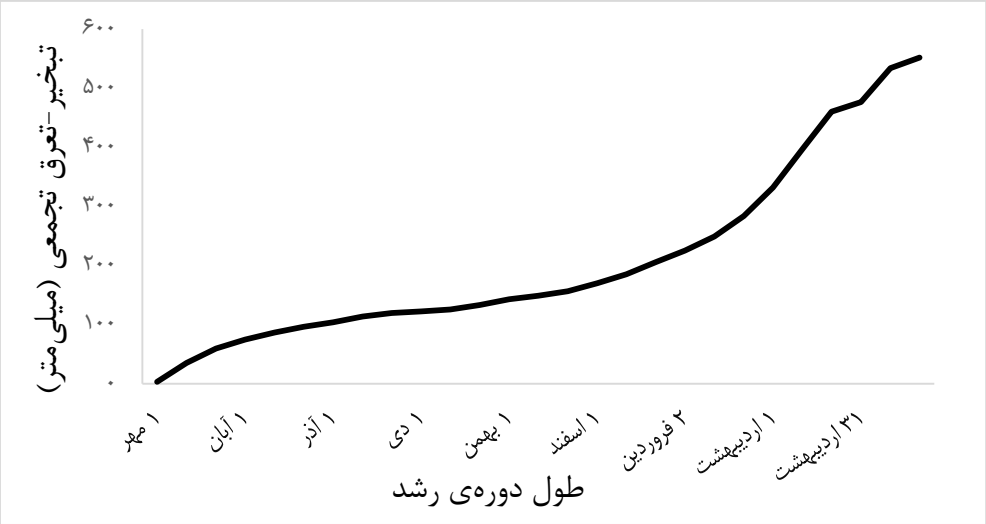
جدول ۱- نفوذ عمقی و راندمان کاربرد حاصل از منحنی‌های رطوبتی

نوبت آبیاری	آبیاری چهارم (۲۰۱ روز پس از کاشت)			آبیاری ششم (۲۲۸ روز پس از کاشت)			آبیاری هفتم (۲۴۳ روز پس از کاشت)		
لوله‌های دسترسی	I سانتی‌متر	dp سانتی‌متر	Ea درصد	I سانتی‌متر	dp سانتی‌متر	Ea درصد	I سانتی‌متر	dp سانتی‌متر	Ea درصد
مشاهداتی		۵/۲	۵۷/۶		۴	۶۱/۴		۳/۹	۶۴
A		۲/۸	۷۶/۷		۳/۹	۶۲/۲		۳/۴	۶۸/۴
B		۳	۷۵/۶		۳/۹	۶۲/۱		۳/۴	۶۸/۳
C	۱۲/۲	۳/۸	۶۸/۸	۱۰/۳	۲/۲	۷۸/۱	۱۰/۸	۰/۷	۹۳/۹
D		۳/۲	۷۳/۷		۱/۹	۸۰/۹		۱/۶	۸۵/۶
E		۳/۲	۷۳/۲		۱/۸	۸۲/۸		۱/۱	۸۹/۸
F		۳/۴	۷۱/۹		۳/۷	۶۳/۶		۱	۹۰/۶

I: عمق آب آبیاری dp: نفوذ عمقی Ea: راندمان کاربرد



شکل ۳- تغییرات رطوبت خاک مزرعه سیر در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در لوله‌های دسترسی



شکل ٤- تبخیر - تعرق واقعی تجمعی سیر در طول دوره‌ی رشد براساس اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک توسط مته (میلی‌متر)

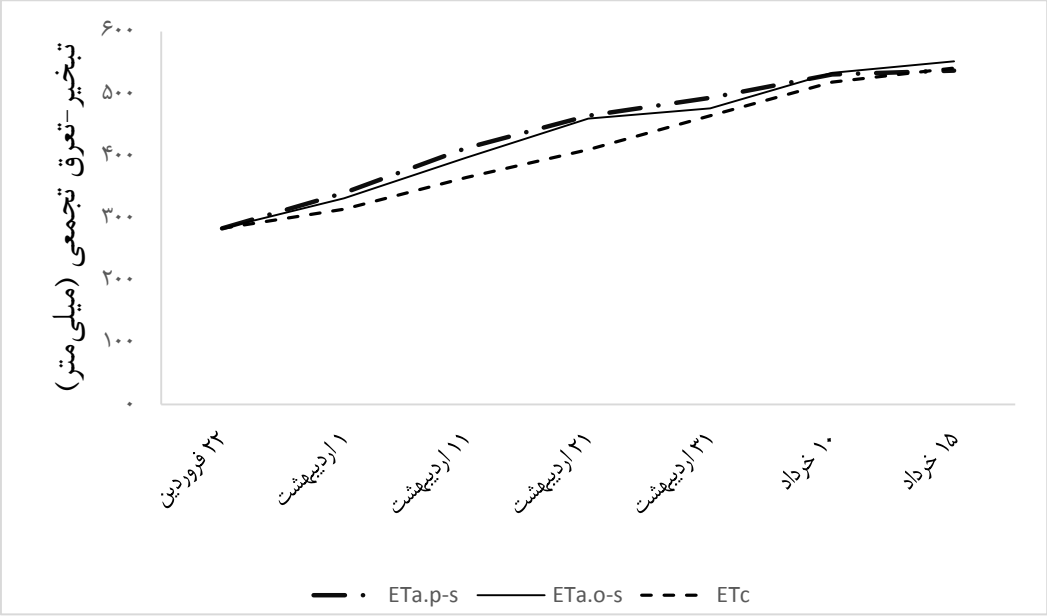
۲- فاصله زمانی کم بین دو آبیاری و بالا بودن رطوبت در محیط ریشه در نوبت آبیاری چهارم، منجر به افزایش نفوذ عمقی و کاهش راندمان کاربرد گردید. ۳- فاصله زمانی زیاد بین آبیاری ششم و هفتم موجب خشکی محیط ریشه در نوبت آبیاری هفتم شد که همین خشکی منجر به کاهش قابل‌توجه نفوذ عمقی گردید. ۴- با توجه به فاصله زمانی کم بین آبیاری پنجم و ششم و هم‌چنین وقوع بارش‌های متعدد در این بازه‌ی زمانی، آبیاری ششم با وجود عمق آبیاری کم‌تر نسبت به آبیاری هفتم دارای نفوذ عمقی بیش‌تر و به تبع آن راندمان کاربرد کم‌تری می‌باشد. ۵- محل قرارگیری لوله‌های دسترسی وسیله اندازه‌گیری رطوبت در خاک با امکان دسترسی به آب بیش‌تر یا کم‌تر در سطح مزرعه، یکی از دلایل اختلاف نفوذ عمقی و راندمان کاربرد بین نقاط اندازه‌گیری در یک نوبت آبیاری است. ۶- مهارت کشاورز در آبیاری و تحویل حجم آب موردنیاز به هر کرت نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر نفوذ عمقی و راندمان کاربرد مزرعه است که در راستای مطالعه کندی[1] و همکاران (Kendy et al., 2004) می‌باشد.

در شکل ۴ تبخیر - تعرق واقعی فصلی سیر در طول دوره‌ی رشد با استفاده از معادله بیلان و اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک توسط مته محاسبه شد. تبخیر - تعرق سیر طی فصل رشد ($ET_{a.o-s}$) برابر با ۵۵۲ میلی‌متر به‌دست آمد. رقم فوق متفاوت از ارقام گزارش شده توسط ویلالوباس و همکاران (Villaobos et al., 2004)، فابیرو کورتس و همکاران (Fabeiro Cortes et al., 2003) و زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) است. دلیل این تفاوت در تحقیق حاضر نسبت به نتایج محققین فوق، می‌تواند علاوه بر شرایط متفاوت آب و هوایی و فیزیولوژیکی توده سیر کاشته شده، ناشی از عدم اعمال تنش آبی نیز می‌باشد.

هم‌چنین میزان تبخیر - تعرق گیاه سیر با استفاده از اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک توسط دستگاه PR2 محاسبه شد ($ET_{a.p-s}$)، که نتایج آن در شکل ۵ آمده است. $ET_{a.p-s}$ برابر با ۵۳۷ میلی‌متر برآورد گردید. تبخیر - تعرق پتانسیل سیر (ET_c) با استفاده از معادله ۶ و ضرایب گیاهی ارایه شده توسط فائو و میزان تبخیر - تعرق مرجع چمن، برابر با ۵۴۲ میلی‌متر محاسبه شد. با توجه به نتایج حاصل، میزان $ET_{a.o-s}$ بیش‌تر از ET_c می‌باشد که در توجیه این امر می‌توان به این نکات اشاره کرد: ۱- در این آزمایش از داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سهند که در فاصله ۴۰ کیلومتری از منطقه مورد مطالعه قرار داشت، استفاده شد. ۲- یکسان نبودن ویژگی‌های گیاه و خصوصیات منطقه رشد با شرایط در نظر گرفته شده توسط فائو، منجر به عدم قطعیت در برآورد ET_c در روش‌های مبتنی بر ضریب گیاهی می‌شود (Allen et al., 2005). ۳- روش مورد استفاده در تعیین ET_o و هم‌چنین عدم واسنجی و تصحیح روش پنمن - مانتیث و ضرایب گیاهی برای منطقه مورد مطالعه، یکی از دلایل این اختلاف می‌باشد.

در جدول ۲ ضرایب گیاهی سیر با استفاده از معادله ۶ و براساس تبخیر - تعرق گیاه مرجع چمن و تبخیر - تعرق واقعی که اندازه‌گیری شده بود محاسبه گردید. به دلیل برداشت اطلاعات به صورت دوره‌ای، محاسبه ضرایب گیاهی به صورت روزانه امکان‌پذیر نبود، هم‌چنین ضریب گیاهی در دوره ابتدایی رشد به دلیل بارندگی و قرار گرفتن مراحل اولیه رشد در زمستان و عدم حضور در منطقه قابل اندازه‌گیری نبود. علت کوچک بودن ضریب گیاهی در مرحله پایانی رشد، این است که توقف عمل آبیاری، بوته‌های سیر قبل از برداشت در مزرعه خشک شدند (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶).

1- Kendy



شکل ۵- تبخیر - تعرق تجمعی در طول دوره‌ی رشد (میلی‌متر)

حداکثر مقدار ضریب گیاهی در این تحقیق (۱/۳۷) از مقادیر ارایه شده توسط زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) و ویلالوباس و همکاران (Villaobos et al., 2004) بیش‌تر است و با نتایج آیارز (Ayars., 2008) که این مقدار را بین ۱/۳ تا ۱/۴ گزارش کرد مطابقت دارد، در حالی‌که نشریه فائو ۵۶ و فابیرو کورتس و همکاران (Fabeiro Cortes et al., 2003) حداکثر مقدار ضریب گیاهی سیر را برابر با ۱ گزارش نمودند. در تحقیق حاضر ضریب گیاهی در انتهای مرحله رشد (۰/۵۷) بیش‌تر از مقدار ارایه شده توسط زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) و از مقادیر ارایه شده توسط ویلالوباس و همکاران (Villaobos et al., 2004) و فابیرو کورتس و همکاران (Fabeiro Cortes et al., 2003) کم‌تر است. علت تفاوت ضرایب گیاهی سیر در این مناطق را می‌توان در تفاوت بین اقلیم این مناطق، نوع رقم سیر کشت شده و نحوه کاشت دانست.

جدول ۲- محاسبه ضرایب گیاهی سیر

تاریخ	دوره رشد	ET_o میلی‌متر در روز	$ET_{a.o-s}$ میلی‌متر در روز	K_c
۲۳ فروردین- ۲۲ اردیبهشت	میانی	۱۳۰	۱۷۹	۱/۳۷
۲۳ اردیبهشت- ۱۵ خرداد	پایانی	۱۵۲	۸۷	۰/۵۷

جدول ۳- شاخص‌های بهره‌وری آب (WP)، کارایی مصرف آب (WUE) و بهره‌وری اقتصادی آب (WPe)

مساحت مزرعه	Σ I*	Σ I + Σ P**	Yc	WP	WUE	سود خالص	WP_e
مترمربع	میلی‌متر	میلی‌متر	تن بر هکتار	کیلوگرم بر مترمکعب	کیلوگرم بر متر-مکعب	ریال	ریال بر مترمکعب
۳۲۷۸	۷۳۳	۹۲۵	۱۹/۱۲	۲/۰۷	۳/۴۷	۵۵۴,۶۳۵,۲۰۰	۱۸۲,۸۳۷

*Σ I: عمق تجمعی آب آبیاری در طول فصل رشد
Yc: میزان عملکرد محصول خشک

**Σ I + Σ P: عمق تجمعی آب آبیاری و بارش در طول فصل رشد
سود خالص: درآمد – هزینه‌ها

میزان عملکرد محصول خشک، بهره‌وری و کارایی مصرف آب به ترتیب برابر با ۱۹/۱۲ تن در هکتار، ۲/۰۷ و ۳/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد که بیش‌تر از ارقام گزارش شده توسط زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۷) و ویلالوباس و همکاران (Villaobos et al., 2004) می‌باشد. دلیل این افزایش با توجه به تعریف بهره‌وری و کارایی مصرف آب، عملکرد بالای سیر در مزرعه (۱۹/۱۲ تن در

هکتار) و شامل نمودن وزن بخشی از ساقه سیر در محصول نهایی می‌باشد. در توجیه عملکرد بالا در تحقیق حاضر می‌توان به این نکات اشاره کرد: با توجه به نتایج فابیرو کورتس و همکاران (Fabeiro Cortes et al., 2003) سیر به‌شدت به تنش آبی حساس است و برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد باید از اعمال تنش آبی در مرحله تشکیل غده‌ها و رسیدن آن‌ها اجتناب کرد. بنابراین دریافت آب کافی در طول دوره‌ی رشد گیاه (۲ نوبت آبیاری در پاییز و ۵ نوبت آبیاری در بهار) موجب افزایش عملکرد سیر شد. هور[1] و همکاران (Hore et al., 2014) گزارش کردند که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار ویژگی‌های رشد سیر مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد سیرچه‌ها و وزن سیرچه‌ها شده و این عوامل باعث شدند که رشد رویشی تقویت شود و عملکرد غده سیر نیز افزایش پیدا کند. طبق نتایج زمان[2] و همکاران (Zaman et al., 2011) و ملافیلابی و همکاران (۱۳۹۱) مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیر گردید. هم‌چنین هو و اشمیدهالتر[3] (Hu and Schmidhalter., 2005) گزارش نمودند که کود نیتروژنه بدون آب کافی، عملکرد را افزایش نمی‌دهد و افزایش آب قابل استفاده گیاه بدون نیتروژن کافی تأثیری بر عملکرد ندارد. افزایش نیتروژن مصرفی زمانی عملکرد را افزایش می‌دهد که تنش آبی شدید نباشد. هم‌چنین، در شرایط رطوبت کافی مصرف نیتروژن کافی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود در حالی‌که در شرایط تنش رطوبتی، مصرف نیتروژن عمدتا غلظت آن را در دانه افزایش می‌دهد. از این‌رو افزودن ۱۱۰ کیلوگرم کود اوره بعد از نوبت آبیاری سوم و دریافت آب کافی در طول دوره‌ی رشد منجر به افزایش عملکرد سیر گردید. آرگوئلو[4] و همکاران گزارش کردند که استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد گیاه دارویی سیر شد. از این‌رو استفاده از ورمی‌کمپوست پیش از کاشت و به صورت مخلوط در خاک موجب افزایش عملکرد سیر گردید (Arguello et al., 2006).

بهره‌وری اقتصادی آب (WP_e) برابر با ۱۸۲۸۳۷ ریال بر مترمکعب محاسبه شد که از مقادیر ارایه شده توسط سپه وند (۱۳۸۸) و اشراقی و قاسمیان (۱۳۹۱) بیش‌تر است و با نتایج زمانی و همکاران (۱۳۹۳) که سیر را دارای بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی آب دانستند هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر با توجه به اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی گیاه سیر در الگوی کشت منطقه آذرشهر اقدام به برآورد تبخیر - تعرق واقعی سیر در سال ۱۳۹۵ تحت مدیریت زراعی کشاورز، به منظور اعمال مدیریت مناسب آبیاری شد. با بررسی نتایج حاصل، مقدار تبخیر - تعرق واقعی برابر ۵۵۲ میلی‌متر، ضرایب گیاهی در دوره میانی و پایانی رشد به ترتیب ۱/۳۷ و ۰/۵۷ و بهره‌وری، کارایی مصرف و بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب ۲/۰۷، ۳/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱۸۲۸۳۷ ریال بر مترمکعب تعیین شد. بنابراین با توجه به مشکل منابع آب در منطقه مورد مطالعه و مشکلات زیست محیطی مرتبط با دریاچه ارومیه، پیشنهاد می‌گردد سیاست‌های آتی در راستای توسعه و افزایش سطح زیر کشت محصولاتی با بهره‌وری اقتصادی آب بالا، مانند این محصول افزایش یابد، تا با اصلاح الگوی کشت در منطقه، علاوه بر افزایش درآمد کشاورزان، موجبات کشاورزی پایدار و صادرات فراهم گردد.

در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به این مهم که عوامل اقلیمی و بارندگی یکی از فاکتورهای مهم در زراعت سیر می‌باشد و با توجه به تنوع آب و هوایی در ایران و نتایج به‌دست آمده در این منطقه، مشابه این تحقیق برای سایر نقاط ایران که زراعت سیر انجام می‌گیرد، انجام شود. هم‌چنین توصیه می‌شود در مطالعات بعدی از لایسیمتر و سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت برای محاسبه تبخیر - تعرق، به منظور مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده در این تحقیق، استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی طرح حفاظت از تالاب‌های ایران و در قالب « پروژه همکاری در احیای دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی در معرض خطر» با حمایت مالی دولت ژاپن انجام گرفته است.

منابع

اشراقی،ف و قاسمیان،س. ۱۳۹۱. بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۶. ۳: ۳۱۸-۳۲۲.

بقالیان،ک.، ضیایی،ع.، نقوی،م.ر و نقدی‌بادی،ح.ن. ۱۳۸۳. ارزیابی پیش از کشت اکوتیپ‌های سیر ایرانی از نظر میزان آلیسین و خصوصیات گیاه‌شناسی. فصل‌نامه گیاهان دارویی. ۴. ۱۳ : ۵۹-۵۰.

زارع ابیانه،ح.، قاسمی،ع.، معروفی،ص و بیات ورکشی،م. ۱۳۸۹. تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی منفرد و دوگانه سیر در اقلیم نیمه‌خشک سرد. مجله دانش آب و خاک. ۱. ۱: ۱۲۲-۱۱۱.

1- Hore
2- Zaman
3- Hu and Schmidhalter
4 Arguello

زمانی،ا.، مرتضوی،س.ا و بلالی،ح. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸. ۱: ۶۱-۵۱.

سپه‌وند،م. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پرباران. مجله پژوهش آب ایران بهار و تابستان. ۳. ۴: ۶۸-۶۳.

علیزاده،ا. ۱۳۹۰. طراحی سیستم‌های آبیاری، جلد اول، طراحی سیتم-های آبیاری سطحی. آستان قدس رضوی؛ دانشگاه امام رضا.

علیزاده،ا و کمالی،غ.ع. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ اول، ۲۲۳ ص.

ملافیلابی،ع.، خرمدل،س و شوریده، ه. ۱۳۹۱. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و انواع بستر کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه داروئی سیر (Allium sativum L). نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۴: ۳۲۶-۳۱۶.

نوربخشیان،ج.، موسوی،ا و باقری،ح.ر. ۱۳۸۶. ارزیابی صفات زراعی و تجزیه علیت عملکرد ارقام بومی سیر. مجله پژوهش و سازندگی. ۲۰. ۴: ۱۸-۱۰.

Allen,R.G., Clemmens,A.J., Burt,C.M., Solomon,K and O'Halloran,T. 2005. Prediction accuracy for projectwide evapotranspiration using crop coefficients and reference evapotranspiration. Journal of irrigation and drainage engineering. 131.1: 24-36.

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.

Argüello,J.A., Ledesma,A., Núñez,S.B., Rodríguez,C.H and Goldfarb,M.d.C.D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of rosado paraguayo' garlic bulbs. Hortscience. 41.3: 589-592.

Ayars,J.E. 2008. Water requirement of irrigated garlic. Transactions of the ASABE. 51.5: 1683-1688.

Chamberlain,A.R. 1952. Measuring water in small channels with WSC flume: Washington Agricultural Experiment Stations, Institute of Agricultural Sciences, State College of Washington.

Cortés,C.F., De Santa Olalla,F and Urrea,R.L. 2003. Production of garlic (Allium sativum L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agricultural water management. 59.2: 155-167.

FAOSTAT.2014. Available at Http://faostat.fao.org.

Hanson,B., May,D., Voss,R., Cantwell,M and Rice,R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural water management. 58.1: 29-43.

Hore,J., Ghanti,S and Chanchan,M. 2014. Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (Allium sativum L.). Journal of Crop and Weed. 10.2: 14-18.

Hu,Y and Schmidhalter,U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168.4: 541-549.

Kendy,E., Zhang,Y., Liu,C., Wang,J and Steenhuis,T. 2004. Groundwater recharge from irrigated cropland in the North China Plain: case study of Luancheng County, Hebei Province, 1949–2000. Hydrological Processes. 18.12: 2289-2302.

Molden,D. 1997. Accounting for water use and productivity: International Water Management Institute.

Villalobos,F., Testi,L., Rizzalli,R and Orgaz,F. 2004. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic (Allium sativum L.) in a semi-arid climate. Agricultural water management. 64.3: 233-249.

Zaman,M.S., Hashem,M.A., Jahiruddin,M., Rahim,M.A. 2011. Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old brahmaputra flood plain soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research. 36.2: 357-367.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 12, Des.-Jan. 2018, p. 1129-1139

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۲، آذر - دی ۱۳۹۷، ص. ۱۱۳۹-۱۱۲۹

Determination of Actual Evapotranspiration, Crop Coefficients and Water Use Efficiency of Garlic in Azarshahr Region

M.H. Bayat[1], S.M. MirLatifi[2*], H.Dehghanisanij[3]
Recived: Feb.12, 2018 Accepted: Apr.21, 2018

Abstract

It is intended to optimize crop yields and economics of crop water use by irrigation. Implementing proper water use management by agricultural sector reduces water losses and increases distribution uniformity and crop yield. In order to improve water use management in agriculture, it is essential to determine crop water requirements of various crops with the required level of accuracy. The objective of this research was to determine garlic evapotranspiration, crop coefficients and water use efficiency in the Azarshahr region located in the eastern Azerbaijan province. The actual garlic evapotranspiration (ETa.o-s) was determined by the hydrological method, measuring the various components of water balance at the farm level including soil moisture at various soil depths and irrigation depths. The garlic actual seasonal evapotranspiration was 552 mm and its water use efficiency was 3.47 kg per cubic meter of evapotranspiration during the growing season. The garlic crop coefficients for the mid-season and late season stages were 1.37 and 0.57, respectively, when reference evapotranspiration was computed by the Penman- Monteith equation (FAO 56).

Keywords: Eastern Azerbaijan, Penman- Monteith, Water use management

1-MSc Graduated, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2-Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3-Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Alborz, Iran
(* - Corresponding Author Email: mirlat_m@modares.ac.ir)