نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۱/ ۱۳۹۸
(DOI): 10.22092/JWRA.2019.119114
Archive of SID

برآورد نیاز آبی گیاه ریحان برای مدیریت آب در مزرعه

مهشاد سادات فرحبخش، مهدی سرائی تبریزی[1]*و حسین بابازاده

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
ma.farahbakhsh@srbiau.ac.ir
استادیار؛ گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ واحد علوم و تحقیقات تهران؛ دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی؛ تهران؛ ایران.
m.sarai@srbiau.ac.ir
دانشیار؛ گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ واحد علوم و تحقیقات تهران؛ دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی؛ تهران؛ ایران.
h_babazadeh@srbiau.ac.ir

چکیده

برآورد نیاز آبی واقعی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و در نتیجه برای مدیریت اثربخش آب در مزرعه بسیار حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه روش‌های مرسوم برآورد نیاز آبی و برآورد نیاز آبی واقعی گیاه ریحان در مزرعه تحقیقاتی- پژوهشی دوشان تپه تهران بود. بدین منظور آزمایشی در سه مزرعه یک هکتاری به‌صورت مجزا با سه روش متفاوت برآورد نیاز آبی شامل روش تشتک تبخیر استاندارد کلاس A ، روش رطوبت‌سنج تتاپروب و روش میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی در چهار تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (FI)، کم آبیاری درحد ۸۰ ($DI_{80\%}$)، ۶۰ ($DI_{60\%}$) و ۴۰ ($DI_{40\%}$) درصد نیاز آبی گیاه در دو سال متوالی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. بر اساس نتایج، بیشترین مقدار تبخیر و تعرق ریحان به میزان ۱۱/۲ میلیمتر در روز ۵۳ام کاشت در تاریخ هفتم مردادماه اندازه‌گیری شد. همچنین ضریب گیاهی ریحان در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر ۰/۶۳، ۱/۰۸، ۱/۱۲ و ۰/۹۷ و بیشترین مقدار ضریب گیاهی ریحان در بیست و پنجم تیرماه و برابر ۱/۲۶ بدست آمد. بیش‌ترین عملکرد ماده تر در روش برآورد نیاز آبی مستقیم با مقدار ۵۹۹۸ و ۵۹۶۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. همچنین، روش میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی نسبت به روش تشتک و روش مکش خاک به‌ترتیب ۱۰٪ و ۸ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب داشت و عملکرد محصول هم به‌ترتیب ۱۰٪ و پنج درصد نسبت به این دو روش بهبود یافت. نیز، با این روش حداکثر بازده ریالی به ازای هر مترمکعب آب مصرفی ۴۱۸۶ ریال بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: ضریب گیاهی ریحان، مدیریت آب کشاورزی، میکرولایسیمتر

---

۱ - آدرس نویسنده مسئول: گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* - دریافت: خرداد ۱۳۹۷ و پذیرش: آبان ۱۳۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رویکرد جهانی به استفاده از گیاهان دارویی و ترکیبهای طبیعی در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی و غذایی و به دنبال آن توجه مردم، مسئولین و صنایع داخلی به استفاده از گیاهان دارویی و معطر نیاز مبرم به پژوهش-های پایه‌ای و کاربردی وسیعی را در این زمینه نمایان می-سازد. گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران است که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌تواند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیر نفتی داشته باشد (سفیدکن، ۱۳۸۷). ریحان (basilicum Ocimum) به عنوان یکی از گیاهان دارویی مهم، گیاهی است علفی، یکساله، معطر و متعلق به خانواده نعناع (Lamiaceae) می‌باشد (امیدبیگی، ۱۳۹۰). برآورد نیاز آبی واقعی گیاهان و مجهز کردن آن به فناوری‌های روز دنیا می‌تواند قدمی جدی در بهنگام‌سازی مدیریت آب کشاورزی باشد و آینده‌ی روشنی را برای مدیریت اثربخش آب کشاورزی به ارمغان آورد (سرائی تبریزی، ۲۰۱۷؛ پارادس و همکاران، ۲۰۱۸). برای برآورد نیاز آبی گیاهان پژوهش‌های بی شماری انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

نیازی و همکاران (۱۳۸٤) در مزرعه‌ی تحقیقاتی زرقان در استان فارس، پژوهشی را به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم رقم کراس آزادی به‌وسیله‌ی لایسیمتر انجام دادند. براساس نتایج بیلان آب خاک دوره‌های ده روزه برای طول رشد ۲۲۰ روزه‌ی رقم مورد استفاده، نیاز آبی گندم در سه سال محاسبه، میانگین آن با روش مستقیم ۷۰۲ میلی‌متر و با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT، ۸۰۷ میلی‌متر به‌دست آمد، در نتیجه نیاز آبی به روش غیر مستقیم بیش‌تر برآورد شد. حداکثر تبخیر-تعرق در مرحله‌ی سوم و حدود ۱۹۰ روز پس از کاشت بود. با استفاده از روش پنمن- مانتیث- فائو، تبخیر-تعرق بالقوه‌ی گیاه مرجع محاسبه شد و بدین ترتیب میانگین ضریب گیاهی مراحل چهارگانه‌ی رشد گندم به‌ترتیب ۰/۳۷، ۰/٦۸، ۱/۱۱ و ۰/۵۱ به‌دست آمد. به‌منظور برنامه-ریزی آبیاری گندم در سال‌های آتی و عدم دسترسی کشاورزان به کلیه‌ی آمار هواشناسی با استفاده از میانگین دهه‌ای آمار تبخیر از تشت کلاس A و ضریب گیاهی، سعی شد رابطه‌ای برای تعیین نیاز آبی گندم در منطقه به‌دست آید. سهرابی و همکاران (۱۳۸٤) تحقیقی بر روی لایسیمتر وزنی با هدف دست‌یابی به برنامه‌ریزی آبیاری مناسب‌تر انجام دادند. در این پژوهش طراحی، ساخت و نصب دو لایسیمتر وزنی در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. سیستم زهکشی لایسیمترها از نوع آزاد بوده و از حالت ماندابی در سطح لایسیمتر جلوگیری می‌شد و لازم بود از سیستم توزین با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده گردد. هم‌چنین این سیستم مجهز به ارسال خودکار داده‌ها به رایانه بود. لایسیمتر اول برای کشت چمن و لایسیمتر دوم برای کشت عمده‌ی گیاهان زراعی منطقه شامل گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند مورد استفاده قرار گرفت که دارای ابعاد مناسب برای کشت با فواصل ردیفی ۰/۲ تا ۱ متر بود. خاک داخل جعبه‌های کشت از نوع دست خورده بود. هر چند که این پژوهشگران بیان نمودند که برای مطالعه‌ی نفوذپذیری، خصوصیات هیدرولیکی خاک و آب خارج شده از دسترس گیاهان می‌بایست از خاک دست نخورده در لایسیمتر استفاده گردد تا نتایج قابل‌قبول‌تری در برآورد نیاز آبی حاصل شود.

قیصری و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه‌ی نیمه-خشک ورامین نیاز آبی و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای را در مراحل مختلف رشد گیاه که با سیستم بارانی آبیاری می‌شدند، برآورد کردند. نتایج نشان می‌دهد ضریب گیاهی در مراحل اولیه، توسعه، میانی و نهایی رشد ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب ۰/٤۵، ۰/۹، ۱/۱۳ و ۰/۷ می‌باشد، هم‌چنین نتایج حاصل نشان داد که تبخیر و تعرق برآورد شده بر اساس بیلان آب خاک بسیار کم‌تر از تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث است. راد و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و با استفاده از لایسیمتر به هدف تعیین مقدار تبخیر- تعرق

www.SID.ir

Archive of SID

سالانه، تابع تولید و کارآیی مصرف آب در گیاه اکالیپتوس، در ایستگاه بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد با استفاده از درختان سه ساله‌ی گیاه یاد شده، پژوهشی را انجام دادند. تیمارها در سه تکرار شامل ۱۰۰ (آبیاری به اندازه‌ی کافی)، ۷۰ (تنش متوسط) و ٤٠ درصد (تنش شدید) ظرفیت زراعی بود. نتایج نشان داد که مقدار تبخیر- تعرق گیاه، کاملاً به ظرفیت نگهداری آب در خاک وابسته است که مقدار آن و نیز مجموع ماده‌ی خشک با افزایش رطوبت در خاک افزایش می‌یابد و موجب بهبود کارآیی مصرف آب می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با مقدار ۲/۵ گرم ماده‌ی خشک بر کیلوگرم آب مصرف شده در تعرق بوده است.

سرائی تبریزی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی در مزرعه‌ی پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران، با هدف تعیین پارامترهای مورد نیاز برای مدیریت آبیاری کشت سویا از جمله ضریب تنش و ضرایب گیاهی در چهار مرحله‌ی رشد اولیه، توسعه، میانی و نهایی، تحقیقی را در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام دادند. در این پژوهش مقدار کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری با استفاده از روش مستقیم کمبود رطوبتی خاک و روش تجربی محاسباتی فائو- پنمن- مانتیث برآورد شده و تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل، کم‌آبیاری سطحی جویچه‌ای ۷۰ و ۵۰ درصد و کم‌آبیاری بخشی ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمار آبیاری بخشی علیرغم اینکه میزان آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل و کم‌آبیاری کاهش داشته ولی ضرایب تنش به همان نسبت تغییر نکرده است که این امر نشان‌دهنده سازگاری گیاه در شرایط آبیاری بخشی است. همچنین نتایج حاصل نشان داد که روش مستقیم جبران کمبود رطوبت خاک تخمین دقیقتری از نیاز آبی گیاه نسبت به روشهای غیرمستقیم داشته و تبخیر و تعرق مرجع در کل دورهٔ کشت ۱۲۱ روز سویا رقم ویلیامز برابر ۹۰٦/٤٤ میلی‌متر برآورد شد.

محمدی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای روند دمایی را در مقیاس زمانی سال، فصل، ماه و تأثیر آن بر میزان تبخیر- تعرق و در نتیجه نیاز آبی گیاه پنبه در شهرستان سبزوار بررسی کردند. برای این منظور داده‌های اقلیمی ایستگاه همدیدی سبزوار با دوره‌ی آماری ٥٦ ساله مورد استفاده قرار گرفت. آزمون من کندال و سن استیمیتور برای بررسی روند پارامترهای دمایی و از مدل کراپ وات برای برآورد نیاز آبی گیاه استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده روند دما دارای نرخ افزایش شدیدی در این شهرستان است. روند تبخیر-تعرق نیز نشان‌دهنده‌ی افزایش در میزان آن است. برآورد مقدار نیاز آبی گیاه ۱۳۷۱/۸۳ میلی‌متر بود که بیان‌گر روند افزایشی نیاز آبی پنبه طی دوره‌ی آماری مورد بررسی است. به‌طور کل می‌توان گفت افزایش پارامترهای دمایی و کاهش بارش سبب افزایش میزان تبخیر- تعرق و در نتیجه افزایش میزان نیاز آبی در مقیاس زمانی طولانی مدت سالانه و روزانه است.

کیانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی اندازه-گیری تبخیر- تعرق روزانه و فصلی و ضریب گیاهی روزانه‌ی دو رقم رایج یوروفلور و سیرنای آفتابگردان تحت سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری انجام دادند که رطوبت خاک با دستگاه رطوبت‌سنج PR2 به‌صورت روزانه در طول دوره‌ی رشد اندازه‌گیری شد و تبخیر- تعرق گیاه به روش بیلان آب خاک به‌دست آمد. نتایج نشان داد که این روش نسبت به روش‌های تجربی مانند روش فائو- پنمن مانتیث دقت بیشتری دارد. صارمی و همکاران (۱۳۹٤) به‌منظور اندازه‌گیری نیاز آبی و تعیین ضرایب گیاهی عدس در خرم-آباد، یک آزمایش لایسیمتری را در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه لرستان در خرم‌آباد انجام دادند. عدس و چمن هر کدام در چهار میکرولایسیمتر زهکش‌دار به قطر ٤٨ و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر کشت شدند که میزان تبخیر-تعرق آن‌ها با استفاده از روش بیلان آبی تعیین گردید. مقدار کل تبخیر-تعرق عدس و چمن به‌ترتیب برابر ٤٧٦ و ٥٦٨ میلی‌متر تعیین شد. میانگین ضریب گیاهی عدس نیز در چهار مرحله‌ی ابتدایی، توسعه،

www.SID.ir

Archive of SID

میانی و انتهایی به‌ترتیب ۰/۴۵، ۰/۸۹، ۱/۱۹ و ۰/۵۶ به‌دست آمد.

احمدی و همکاران (۱۳۹۵) به‌منظور تعیین مناسب‌ترین معادله‌ی تبخیر-تعرق نسبت به مدل فائو-پنمن-مانتیث در دشت بیرجند و ارائه‌ی یک مدل تک پارامتره برای تعیین نیاز آبی زعفران و میزان تنش‌های آبی وارده بر آن، آزمایشی را انجام دادند. هم‌چنین مقدار آب آبیاری توسط کشاورزان در این دشت تعیین و با نیاز آبی به‌دست آمده توسط معادله‌ی فائو-پنمن- مانتیث واسنجی شده پیشنهادی مقایسه شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی دقت بالاتر معادلات بلانی-کریدل، جنسن-هیز اصلاح شده و هارگریوز نسبت به سایر معادلات بود. هم‌چنین ارائه‌ی مدل تک پارامتره مبتنی بر دما نشان داد که این مدل برآورد دقیقی نسبت به سایر روش‌های تبخیر-تعرق دارد. نادریان‌فر (۱۳۹۵) تحقیقی برای تعیین عمق شاخص آبیاری تحت شرایط مدیریتی مختلف با ارزیابی اثر سه‌گانه کم آبیاری، بافت خاک و استفاده از نانو کود بر عملکرد گیاه ریحان دارویی انجام داد. نتایج تحقیق ایشان در آنالیز ضریب گیاهی نشان داد که بیشترین ضریب گیاهی ریحان در تیر ماه به میزان ۱/۴۲ بوده است. همچنین نتایج ایشان نشان داد که با کم آبیاری در شرایط محدودیت آب، با هدف استفاده حداکثر از واحد حجم آب، عمق بهینه آب مصرفی نسبت به آبیاری بیشینه ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت.

اکرن و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری ریحان را در سطوح مختلف آبیاری و در شرایط مزرعه طی دو سال زراعی متوالی مطالعه کردند. نتایج نشان داد که گیاه ریحان بنفش به مقدار آب آبیاری و تنش آبی حساس است. تنش آبی به‌طور منفی بر ارتفاع و عملکرد گیاه تأثیرگذار بود. بر عکس با کاهش مقدار آب آبیاری مورد استفاده نسبت روغن اسانس گیاه افزایش یافت؛ بنابراین تنش آبی بر ترکیب روغن اسانس گیاه یک اثر مثبت داشت. مؤلفه‌های اصلی روغن اسانس، linalool، eugenol و methyl chavicol بهبود یافت. از آن‌جا که عملکرد به‌طور موازی با مقدار آب آبیاری مورد استفاده تغییر می‌کند، بنابراین کارآیی مصرف آب به‌طورقابل‌توجهی نسبت به سطوح آب متفاوت بود و تیمار با حداکثر تأمین نیاز آبی دارای بیشترین عملکرد بود. پارادس و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نیاز آبی، ضریب گیاهی دو جزئی و ضریب حساسیت به کم آبی سیب‌زمینی را در دو سال مطالعه کردند و بر اساس داده‌های گردآوری شده مدل SIMDualKc را واسنجی و صحت‌سنجی کرده و توسعه دادند. نتایج نشان داد که برآورد دقیق نیاز آبی و مدیریت زمان کشت در کاهش آب آبیاری به‌صورت معنی‌داری نقش دارد و مدیریت آب مصرفی را بهبود می‌بخشد. هدف از انجام این تحقیق، برآورد نیاز آبی واقعی ریحان با استفاده از روش مستقیم میکرولایسیمتری پیشنهادی و مقایسه آن با دو روش تتاپروب و تشتک تبخیر و هم‌چنین تعیین ضرایب گیاهی ریحان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی سایت پژوهشی دوشان تپه تهران در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. منطقه مورد مطالعه در موقعیت طول جغرافیایی ' ۴۲ °۳۵، عرض جغرافیایی' ۲۸ °۵۱ و ارتفاع ۱۲۰۹ متر از سطح دریا در جنوب شرقی تهران قرار گرفته‌است. آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با چهار تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (FI)، کم آبیاری درحد ۸۰ ($DI_{80\%}$)، ۶۰ ($DI_{60\%}$) و ۴۰ درصد ($DI_{40\%}$) در سه مزرعه یک هکتاری مجزا و هر کدام بر اساس یک روش مشخص برآورد نیاز آبی شامل تشتک تبخیر استاندارد کلاس A آمریکا، رطوبت‌سنج تتاپروب[1] و روش مستقیم میکرولایسیمترهای وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی اجرا شد. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک و آب

[1] Theta probes instrument (3118- ML2, Delta-T Devices, Dynamax, Inc., Houston, TX)

www.SID.ir

Archive of SID

در سه مزرعه یکسان بوده و فقط نیاز آبی گیاه در هر یک از سه مزرعه به‌طور جداگانه به روش‌های یاد شده در بالا برآورد گردید.

کاشت گیاه ریحان در دو سال متوالی، ۱۶ خردادماه ۱۳۹۵ و ۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ انجام شد. طول کل دوره رشد گیاه برابر ۹۱ روز و هر یک از دوره‌های رشد در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب ۱۳، ۳۶، ۲۶ و ۱۶ روز بوده است. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و آب مزرعه در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است. لازم به توضیح می‌باشد که مشخصات فیزیکی خاک در سه مزرعه مورد آزمایش یکسان بوده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزرعه

عمق نمونه (cm)	شن	سیلت	رس	بافت	رطوبت اشباع (٪)	رطوبت وزنی در مکش ۰/۳ اتمسفر	رطوبت وزنی در مکش ۱۵ اتمسفر	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)
۰-۳۰	۸۰	۷	۱۳	لوم شنی	۴۱/۴	۲۵/۴	۱۱/۰	۱/۵۴
۳۰-۶۰	۷۸	۸/۵	۱۳/۵	لوم شنی	۴۰/۷	۲۴/۹	۱۰/۶	۱/۵۲

جدول ۲- برخی مشخصات شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه (cm)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	Cu ave mg/Kg	Zn ave mg/Kg	Mn ave mg/Kg	Fe ave mg/Kg	EC dS/m	pH
۰-۳۰	۰/۱۳	۰/۰۰۲	۱/۴۸	۸۰	۰/۴	۰/۵۸	۳/۰۶	۳/۸	۲/۱۳	۷/۴۹
۳۰-۶۰	۰/۱۱	۰/۰۰۳	۱/۲۴	۷۵	۰/۳۷	۰/۴۳	۲/۶۵	۳/۲		

با توجه به کمبود عناصر غذایی در خاک، قبل از کشت ریحان ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۵۵ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس به عنوان مقادیر پایه، به خاک اضافه شد. همچنین پس از اولین برداشت ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت به همراه آب آبیاری به مزرعه داده شد. نتایج آزمایش تجزیه شیمیایی نمونه آب چاه سایت پژوهشی دوشان تپه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج آزمایش تجزیه شیمیایی نمونه آب چاه سایت پژوهشی دوشان تپه

SAR	EC	pH	آنیون‌ها (meq/lit)				جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها (meq/lit)				جمع کاتیون‌ها
			CO_3^{-2}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}		Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	
۳/۸۱	۱/۱۷۵	۸/۲۰	۰/۹	۶/۶۰	۳/۰۰	۰/۱۷	۱۰/۶۷	۱/۲	۴/۸۰	۶/۶۰	–	۱۲/۶۰

نحوه ساخت میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار

برای تهیه میکرولایسیمتر پیشنهادی نخست سه عدد گلدان ده لیتری را انتخاب و به جز یکی تمام سوراخ‌های زهکش کف با چسب آکواریوم مسدود شد. سپس یک عدد شلنگ ضخیم به عنوان زهکش از انتهای گلدان‌ها عبور و با چسب آکواریوم از داخل و خارج بدون وجود نشت چسبانده شد. سپس گلدان‌های ده لیتری با یک لایه سه سانتی‌متری شن درشت و خاک مزرعه عبوری از الک ۲۰۰ میلی‌متر پر شد (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- مراحل ساخت و آماده‌سازی میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی

در مرحله آخر در وسط مزرعه آزمایشی یک هکتاری مکان مناسبی برای نصب میکرولایسیمترها در نظر گرفته شد و ظرف جمع‌آوری زهاب به آن اضافه گردید. در طی تمام فصل رشد در هر دوازده ساعت میکرولایسیمترها و ظرف محتوای زهاب جمع‌آوری شده توزین و کیفیت زهاب با استفاده از EC سنج قابل‌حمل اندازه‌گیری شد و اطلاعات به‌صورت دو بار در روز به فواصل ۱۲ ساعت (شش صبح و شش بعد از ظهر) ثبت شد (شکل ۲). لازم به‌ذکر می‌باشد که همزمان با کشت گیاه در لایسیمتر، گیاه در مزرعه با شرایط مشابه کشت شده و در هر مرحله با اندازه‌گیری وزن گیاه، وزن آن از محاسبات بیلان آبی کسر شده است.

شکل ۲- نمایی از سه روش اندازه‌گیری به‌ترتیب شامل میکرولایسیمترهای پیشنهادی، تتاپروب و تشتک تبخیر کلاس A آمریکا در حال اندازه‌گیری در مزرعه آزمایشی

محاسبه مقدار آب آبیاری مورد نیاز و نیاز آبی گیاه به روش‌های مختلف

برای محاسبه نیاز آبی در روش تتاپروب، نخست مقدار رطوبت قابل جذب گیاه بر اساس رابطه ۱ تعیین و هنگامی که رطوبت به این میزان رسید آبیاری انجام شد.

$$\theta_{CEC} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times MAD \qquad (۱)$$

که در آن:

θ_{CEC} رطوبت حجمی قابل جذب در دسترس گیاه، θ_{FC} رطوبت حجمی درحد ظرفیت زراعی، θ_{PWP} رطوبت حجمی درحد نقطه پژمردگی دائم و MAD ضریب مدیریتی حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی می‌باشد که برای گیاه ریحان حدود ۳۰ درصد توصیه شده است (اکرن و همکاران، ۲۰۱۲). میزان آب آبیاری بر اساس رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$I = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times MAD \times D_{rz} \qquad (۲)$$

که در آن:

I عمق آب آبیاری و D_{rz} عمق توسعه ریشه‌ها می‌باشد. برای تعیین ضریب گیاهی نخست داده‌های اقلیمی روزانه برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع به روش فائو- پنمن- مانتیث طی دو سال زراعی استفاده شد و به کمک تبخیر و تعرق گیاهی حاصل از میکرولایسیمتر در مراحل مختلف رشد محاسبه شد.

در لایسیمترهای وزنی که در آن‌ها تانک محتوی خاک و گیاه روی دستگاه توزین دقیق قرار گرفته، مقدار آبی که به مصرف تبخیر- تعرق رسیده است از روی کاهش وزن تانک به‌دست می‌آید، زیرا کاهش وزن تانک در طی یک دوره‌ی زمانی مشخص برابر با مقدار آبی است که یا به‌صورت زه آب از انتهای تانک در ظرف مخصوص تخلیه شده و یا این‌که به‌صورت تبخیر- تعرق از سطح تانک و گیاهان موجود در آن خارج شده است. مبنای کار میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار بر این اصل مبتنی است

www.SID.ir

Archive of SID

که مقدار تبخیر و تعرق گیاهی، با تفاضل مجموع آب آبیاری و بارندگی و آب خروجی از انتها (آب زه‌کشی) برابر می‌باشد (معادله بیلان).

برای تعیین نیاز آبی میکرولایسیمتر به روش مستقیم از رابطه بیلان آب در خاک استفاده گردید (رابطه ۳):

$$ET_c = I - D_d - R_o \pm \Delta S \quad (۳)$$

که در آن:

ET_c نیاز آبی گیاه و D_d عمق آب زهکشی، R_o عمق رواناب و ΔS میزان تغییرات رطوبت ذخیره شده در خاک می‌باشد. سپس ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد از نسبت تبخیر- تعرق گیاه به تبخیر- تعرق گیاه مرجع برآورد گردید.

مقدار ΔS با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta S = S_2 - S_1$$
$$S = \sum (\Theta * D)_I$$

که در آن:

D: عمق لایه‌های خاک (cm) است.

برای تعیین نیاز آبی به روش سوم از رابطه تشتک تبخیر و ضریب تشتک معادل ۰/٦٥ استفاده شد (رابطه ٤):

$$ET_c = E_{pan} \times E_{daily} \quad (٤)$$

که در آن:

E_{pan} ضریب تشتک تبخیر ایستگاه سینوپتیک، E_{daily} تبخیر از سطح آزاد آب تشتک می‌باشد. لازم به توضیح می‌باشد که سایر تیمارهای آبیاری بر اساس درصدی از تیمار آبیاری کامل (۸۰، ٦٠ و ٤٠ درصد آبیاری کامل) محاسبه شده‌اند. در روش کمبود رطوبت خاک با استفاده از روش تناپروب، آبیاری زمانی انجام شده است که رطوبت خاک به مقدار رطوبت قابل جذب (رابطه ۱) برسد. در روش تشت تبخیر نیز مقدار و زمان آبیاری بر مبنای مصرف یک مقدار مشخصی از آب تشتک تبخیر و در روش لایسیمتر با استفاده از معادله بیلان آبی (رابطه ۳) محاسبه شده است. به منظور محاسبه ضریب گیاهی در هر مرحله رشد از گیاه ریحان، مقادیر تبخیر و تعرق زراعی گیاه محاسبه شده با استفاده از روش لایسیمتری بر مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه شده از روش فائو- پنمن مانتیث تقسیم شده و نتایج آن به صورت نمودار (شکل ٤) در قسمت نتایج ارائه شده است.

برای انجام آزمون‌ها و تجزیه و تحلیل آماری نرم‌افزار SAS استفاده شد و با مشاهده تفاوت معنی‌دار در آنالیز واریانس (ANOVA)، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ($P<0.05$) انجام شد.

تابع تولید و تابع هزینه

در تحقیق حاضر تابع تولید به صورت منحنی درجه دو، تابع هزینه به صورت خطی و قیمت محصول نیز ثابت (بر اساس نرخ تضمینی یا نرخ بازار) فرض شد (انصاری، ۱۳۸٦). معادلات توابع تولید و هزینه به صورت روابط (۵) و (٦) می‌باشند.

$$Y(W) = a_1 + b_1 W + c_1 W^2 \quad (۵)$$

$$C(W) = a_2 + b_2 W \quad (٦)$$

در این روابط $Y(W)$ عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار، $C(W)$ هزینه کل بر حسب ریال در هکتار، W عمق آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

در تحقیق حاضر مقدار هزینه‌های ثابت هر هکتار از کاشت گیاه ریحان بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی استان تهران مطابق جدول (٤) در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- هزینه‌های کاشت گیاه ریحان (میلیون ریال در هر هکتار)

شرح	اجاره زمین	آماده‌سازی زمین	بذر	کود و سموم	آبیاری	کارگری	مجموع هزینه‌ها
هزینه	۶۰	۹/۵	۱/۹۲	۴۸/۶۵	۳	۸۰	۲۰۳/۰۷

www.SID.ir

Archive of SID

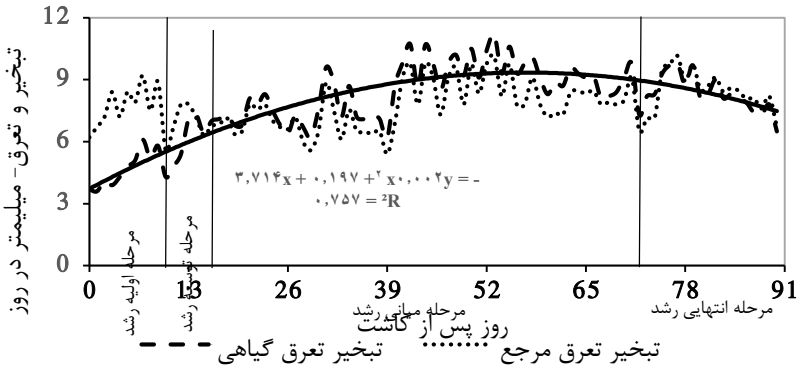
همچنین هزینه متغیر مصرف هر مترمکعب آب در بخش کشاورزی بر اساس تعرفه‌های وزارت نیرو برابر ۸۵۰ ریال در نظر گرفته شده است. درآمد حاصل از هر هکتار ریحان بر اساس فروش هر کیلو تر سبزی ریحان برابر ۴۰۰۰۰ ریال برآورد شده است.

نتایج و بحث

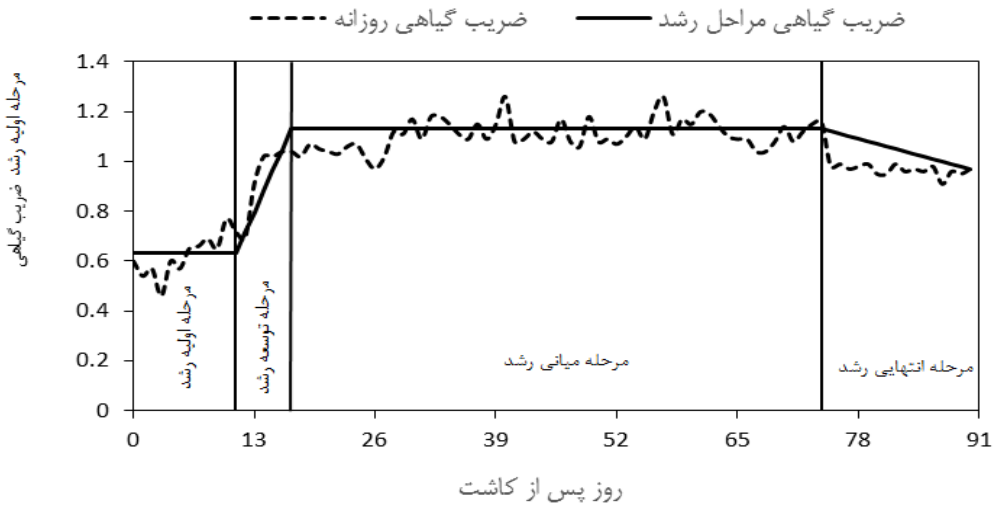
تبخیر و تعرق واقعی ریحان

به‌منظور مقایسه دقت برآورد نیاز آبی واقعی گیاه ریحان در مزرعه، سه روش تتاپروب، تشتک تبخیر و میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی با یکدیگر مقایسه شدند. شکل (۳) روند تغییرات تبخیر و تعرق روزانه گیاه ریحان با استفاده از روش لایسیمتری و برای تیمار شاهد را در طول فصل کاشت نشان می‌دهد.

منحنی برازش داده شده بر نمودار تبخیر – تعرق گیاه ریحان در شکل (۳) که بر اساس روش لایسیمتری و برای تیمار شاهد محاسبه شده است بیانگر روند صعودی تبخیر و تعرق گیاه ریحان و نشان‌دهنده مراحل مختلف رشد گیاه می‌باشد. این پدیده را این گونه می‌توان تشریح نمود که در ابتدای دوره رشد (دوره رشد اولیه) به علت کوچک بودن سطح برگ‌ها، تبخیر- تعرق دارای کم‌ترین مقدار بوده و با رشد گیاه و افزایش سطح برگ‌ها این مقدار افزایش و در انتهای دوره رشد کاهش یافته است. بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق ریحان به میزان ۱۱/۲ میلی‌متر در روز ۵۳ام پس از کاشت در تاریخ هفتم مرداد ماه اندازه‌گیری شده است. تغییرات روزانه ضریب گیاهی ریحان در شکل (٤) نشان داده شده است.



شکل ۳- روند تغییرات تبخیر تعرق مرجع و تبخیر تعرق گیاهی در طول فصل رشد گیاه ریحان



شکل ۴- روند تغییرات ضریب گیاهی در طول فصل رشد گیاه ریحان

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (٤) نشان می‌دهد که ضریب گیاهی در مرحله اولیه رشد کم‌ترین مقدار بوده است و با شروع مرحله توسعه رشد، مقدار ضریب گیاهی به مقدار قابل‌توجهی نیز افزایش یافته است به‌طوری که بیش‌ترین ضریب گیاهی ریحان در مراحل توسعه و میانی رشد و برابر ۱/۲٦ بدست آمده است. نکته قابل ملاحظه این است که بر خلاف اکثر نمودارهای ضریب گیاهی مطالعه شده در نشریه تخصصی FAO No. 56 مرحله توسعه رشد با شیبی تند در یک بازه کوتاه اتفاق می‌افتد و سپس دوره میانی رشد در یک بازه زمانی طولانی رخ می‌دهد. جدول (۵) مقادیر تبخیر و تعرق مرجع و تعرق گیاهی و همچنین مقدار ضریب گیاهی را در دوره‌های مختلف رشد گیاه ریحان بر اساس روش میکرولایسمیتر (روش مستقیم) نشان می‌دهد. جدول (٦) نتایج آنالیز واریانس صفات گیاه ریحان تحت تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مراحل رشد ریحان در تیمار آبیاری کامل و مقدار ضریب گیاهی

مرحله رشد گیاه	طول دوره – روز	تبخیر و تعرق مرجع- میلیمتر	تبخیر و تعرق گیاهی- میلیمتر	ضریب گیاهی
اولیه (رویشی)	۱۰	۹۷/۷	۶۱/۱	۰/۶۳
توسعه (شروع گل‌دهی)	۶	۳۲/۱۴	۳۴/۷۱	۱/۰۸
میانی گل‌دهی کامل)	۵۹	۴۴۴/۲۷	۴۹۷/۵۸	۱/۱۲
انتهایی (رسیدگی بذر)	۱۶	۱۳۸/۴۵	۱۳۴/۰۴	۰/۹۷

جدول ۶- آنالیز واریانس صفات گیاه ریحان تحت تیمارهای مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ماده تر (Kg/ha)	عملکرد ماده خشک (Kg/ha)	عملکرد برگ دارویی (Kg/ha)	شاخص سطح برگ (mm^2)	ارتفاع بوته (Kg/ha)	نسبت روغن اسانس (درصد)	تعداد ساقه فرعی (-)	تعداد برگ در بوته (-)
تکرار	۲	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۷۸	۱/۱۴	۰/۹۳	۰/۵۲	۲/۵۵	۶/۴۵
کم‌آبیاری	۳	۴۳۷۱/۲۱**	۳۹۶۶/۶۲**	۳۲۷۳/۳۷**	۶۷۹۳۲/۵*	۰/۸۴*	۱۳/۸۳**	۱۹/۷۲*	۱۴/۶۵*
نیاز آبی	۳	۱۵/۸۳**	۸/۲۱**	۱۷/۲۵**	۹/۱۲**	۶/۵۵**	۵/۹۸**	۷/۱۲**	۶/۵۱**
خطا	۶	۵/۴۴	۷/۰۴	۶/۵۱	۵/۷۲	۰/۱۴	۰/۴۵	۰/۳۳	۱/۲۴
C.V.		۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۷۹	۰/۳۱	۵/۳	۶/۹	۲/۴۴	۰/۹۳

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح یک و پنج درصد

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمار کم‌آبیاری و روش نیاز آبی روی صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک، عملکرد برگ دارویی و نسبت روغن اسانس اثر بسیار معنی‌داری داشت ($P\leq$۰/۰۱) و هم‌چنین تجزیه واریانس نشان داد که روش نیاز آبی در تیمار آبیاری کامل روی صفات اندازه‌گیری شده شامل شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد برگ در بوته اثر معنی‌داری داشت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ٦).

صفات عملکرد و اجزای عملکرد ریحان بر اساس روش‌های مختلف نیاز آبی

بیش‌ترین عملکرد ماده تر در روش برآورد نیاز آبی مستقیم با مقدار ۵۹۹۸ و ۵۹٦٦ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمده است. همچنین بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در روش برآورد نیاز آبی مستقیم با مقدار ۳۷۸۲ و ۳٦۹۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در روش مستقیم نیاز آبی و در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. جدول (۷) نتایج آنالیز واریانس صفات گیاه ریحان تحت تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ریحان تحت تیمارهای مختلف آبیاری

روش مستقیم برآورد نیاز آبی (روش میکرولایسیمتر پیشنهادی)

تیمارهای آبیاری	عملکرد ماده تر (Kg/ha)	عملکرد ماده خشک (Kg/ha)	عملکرد برگ دارویی (Kg/ha)	شاخص سطح برگ (mm^2)	ارتفاع بوته (Kg/ha)	نسبت روغن اسانس (درصد)	تعداد ساقه فرعی (-)	تعداد برگ در بوته (-)
FI 2016	۵۹۹۸^{a}	۳۷۸۲^{a}	۳۳۰۶^{a}	۸۵۸۶۱^{a}	۸۴^{a}	۰/۸۱^{c}	۲۹/۳^{a}	۱۲۷^{a}
FI 2017	۵۹۶۶^{a}	۳۶۹۸^{a}	۳۳۷۹^{a}	۸۵۸۵۳^{a}	۸۶/۲^{a}	۰/۸۱^{c}	۳۱^{a}	۱۲۸/۵^{a}
DI80% 2016	۳۳۴۸^{b}	۲۲۹۸^{b}	۲۰۵۶^{b}	۷۱۴۸۸^{b}	۷۲/۲^{b}	۰/۸۷^{b}	۲۳/۶^{b}	۱۱۸/۵^{b}
DI80% 2017	۳۳۵۷^{b}	۲۳۰۴^{b}	۲۰۹۱^{b}	۷۱۴۴۱^{b}	۷۳/۶^{b}	۰/۸۷^{b}	۲۴/۲^{b}	۱۱۹/۶^{b}
DI60% 2016	۲۶۹۹^{c}	۱۷۵۴^{c}	۱۴۶۳^{c}	۶۳۵۲۱^{c}	۶۶/۴^{c}	۰/۸۸^{b}	۲۰/۲^{c}	۱۱۰/۵^{c}
DI60% 2017	۲۷۰۹^{c}	۱۷۲۱^{c}	۱۴۸۸^{c}	۶۳۴۹۶^{c}	۶۸/۵^{c}	۰/۸۸^{b}	۲۱/۵^{bc}	۱۱۲/۴^{c}
DI40% 2016	۲۳۳۳^{cd}	۱۲۲۱^{d}	۷۲۹^{d}	۵۴۱۳۲^{d}	۵۴/۷^{cd}	۰/۹۷^{a}	۱۵/۴^{d}	۱۰۰^{d}
DI40% 2017	۲۳۱۲^{cd}	۱۱۹۱^{d}	۷۵۶^{d}	۵۴۰۶۹^{d}	۵۵/۹^{cd}	۰/۹۵^{a}	۱۷/۱^{cd}	۱۰۲/۸^{d}

روش غیر مستقیم برآورد نیاز آبی بر اساس نمایه مکش خاک (روش رطوبت‌سنج تتاپروب)

تیمارهای آبیاری	عملکرد ماده تر (Kg/ha)	عملکرد ماده خشک (Kg/ha)	عملکرد برگ دارویی (Kg/ha)	شاخص سطح برگ (mm^2)	ارتفاع بوته (Kg/ha)	نسبت روغن اسانس (درصد)	تعداد ساقه فرعی (-)	تعداد برگ در بوته (-)
FI 2015	۵۲۳۲^{a}	۳۲۹۲^{a}	۳۱۱۴^{a}	۸۵۶۰۰^{a}	۷۶^{a}	۰/۷۹^{c}	۲۷/۵^{a}	۱۲۱^{ab}
FI 2016	۵۲۱۸^{a}	۳۲۶۱^{a}	۳۰۹۷^{a}	۸۵۵۸۷^{a}	۷۵/۱^{a}	۰/۷۸^{c}	۲۶/۸^{a}	۱۱۸^{b}
DI80% 2016	۳۱۸۸^{b}	۲۰۰۸^{b}	۲۰۱۵^{b}	۷۱۲۲۸^{b}	۷۰/۲^{b}	۰/۸^{c}	۲۲/۳^{bc}	۱۱۱/۲^{c}
DI80% 2017	۳۱۷۱^{b}	۲۰۰۲^{b}	۱۹۸۸^{b}	۷۱۱۹۴^{b}	۷۰^{b}	۰/۷۹^{c}	۲۲/۵^{bc}	۱۱۰/۵^{c}
DI60% 2016	۲۲۳۹^{d}	۱۴۱۴^{cd}	۱۳۲۲^{c}	۶۳۱۲۱^{c}	۶۰/۴^{c}	۰/۸۲^{c}	۱۹/۴^{c}	۱۰۲/۱^{d}
DI60% 2017	۲۲۲۷^{d}	۱۴۰۹^{cd}	۱۳۰۳^{c}	۶۳۰۶۵^{c}	۵۹/۶^{c}	۰/۸۲^{c}	۱۸/۹^{c}	۱۰۰/۱^{d}
DI40% 2016	۲۱۱۲^{d}	۱۰۹۱^{d}	۶۹۵^{d}	۵۴۰۱۲^{d}	۴۹/۷^{d}	۰/۹۱^{ab}	۱۳/۲^{d}	۹۸/۴^{d}
DI40% 2017	۲۰۹۶^{d}	۱۰۸۳^{d}	۶۸۵^{d}	۵۳۹۶۹^{d}	۴۸/۹^{d}	۰/۸۹^{ab}	۱۳/۲^{d}	۹۷/۹^{d}

روش غیر مستقیم برآورد نیاز آبی بر اساس نمایه تبخیر از تشت (روش تشت تبخیر استاندارد کلاس A آمریکا)

تیمارهای آبیاری	عملکرد ماده تر (Kg/ha)	عملکرد ماده خشک (Kg/ha)	عملکرد برگ دارویی (Kg/ha)	شاخص سطح برگ (mm^2)	ارتفاع بوته (Kg/ha)	نسبت روغن اسانس (درصد)	تعداد ساقه فرعی (-)	تعداد برگ در بوته (-)
FI 2016	۵۲۰۵^{a}	۳۲۳۲^{a}	۳۰۸۰^{a}	۸۵۵۴۰^{a}	۷۴^{a}	۰/۷۱^{c}	۲۴^{a}	۱۱۸^{b}
FI 2017	۵۱۹۷^{a}	۳۱۶۶^{a}	۳۰۷۶^{a}	۸۵۵۳۷^{a}	۷۵/۲^{a}	۰/۶۹^{c}	۲۲/۹^{b}	۱۱۴/۸^{b}
DI80% 2016	۳۱۴۵^{b}	۱۹۵۵^{b}	۲۰۰۰^{b}	۷۰۲۰۰^{b}	۶۵/۵^{bc}	۰/۷۳^{cd}	۲۱/۵^{bc}	۱۰۷/۵^{c}
DI80% 2017	۳۰۸۴^{b}	۱۸۹۴^{bc}	۱۸۶۵^{bc}	۷۰۲۰۵^{b}	۶۴/۸^{bc}	۰/۷۱^{c}	۲۰/۱^{c}	۱۰۵/۹^{cd}
DI60% 2016	۲۲۰۰^{d}	۱۴۰۲^{cd}	۱۳۱۵^{c}	۶۳۰۰۴^{c}	۵۸/۲^{c}	۰/۷۷^{bc}	۱۸/۴^{c}	۱۰۰^{d}
DI60% 2017	۲۱۷۵^{d}	۱۳۹۸^{d}	۱۲۸۷^{c}	۶۳۰۰۰^{c}	۵۷/۶^{c}	۰/۷۶^{bc}	۱۷/۵^{cd}	۹۸/۵^{d}
DI40% 2016	۲۰۲۵^{d}	۱۰۵۵^{d}	۶۷۰^{d}	۵۳۰۲۸^{d}	۴۶/۵^{d}	۰/۸۹^{ab}	۱۰/۵^{de}	۹۲/۶^{de}
DI40% 2017	۲۰۰۴^{de}	۱۰۰۶^{de}	۶۲۴^{de}	۵۳۰۲۵^{d}	۴۵/۱^{d}	۰/۹^{ab}	۱۰/۲^{de}	۸۹/۲^{de}

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq$۰/۰۵)، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. با توجه به جدول (۷) بیش‌ترین مقدار برگ تازه داروئی در روش مستقیم اندازه‌گیری نیاز آبی با مقدار ۳۰۸۰ و ۳۰۷۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های مورد مطالعه در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. هم‌چنین در روش نیاز آبی تشت تبخیر استاندارد کلاس A آمریکا کم‌ترین مقدار ۶۷۰ و ۶۲۴ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های مورد مطالعه در تیمار کم‌آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین عملکرد شاخص سطح برگ در روش برآورد نیاز آبی پیشنهادی با مقدار ۸۵۸۴۰ و ۸۵۵۳۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. هم‌چنین در روش نیاز آبی تشت تبخیر استاندارد کلاس A آمریکا با کم‌ترین مقدار ۵۳۰۲۸ و ۵۳۰۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های مورد مطالعه در تیمار کم‌آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد.

توابع تولید و هزینه

برای تعیین توابع آب مصرفی – عملکرد از میانگین داده‌های عمق آب مصرفی و عملکرد در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ استفاده شد. توابع عملکرد و هزینه برای سه روش برآورد نیاز آبی در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸- توابع آب مصرفی – عملکرد و توابع هزینه برای سه روش برآورد نیاز آبی

روش محاسبه نیاز آبی	تابع آب مصرفی- عملکرد	ضریب تبیین (R^2)	تابع آب مصرفی- هزینه
لایسیمتر	$Y(W) = -1.44\,W^2 + 250\,W - 4489$	۰/۸۹	$C(W) = 85000\,W + 203070000$
تتاپروب	$Y(W) = -1.77\,W^2 + 263\,W - 4531$	۰/۸۵	$C(W) = 85000\,W + 203070000$
تشت تبخیر	$Y(W) = -1.80\,W^2 + 265\,W - 4538$	۰/۸۱	$C(W) = 85000\,W + 203070000$

جدول ۹- محاسبات اقتصادی گیاه ریحان در سه روش برآورد نیاز آبی

روش محاسبه نیاز آبی	عملکرد- کیلوگرم در هکتار	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	هزینه کل	درآمد کل ریال در هکتار	سود خالص	بازده هر مترمکعب آب (ریال)
لایسیمتر	۵۹۸۲	۷۱۹۰	۲۰۹۱۸۱۵۰۰	۲۳۹۲۸۰۰۰۰	۳۰۰۹۸۵۰۰	۴۱۸۶
تتاپروب	۵۶۸۳	۶۶۱۵	۲۰۸۶۹۲۵۸۰	۲۲۷۳۱۶۰۰۰	۱۸۶۲۳۴۲۰	۲۸۱۵
تشت تبخیر	۵۳۸۴	۶۴۷۱	۲۰۸۵۷۰۳۵۰	۲۱۵۳۵۲۰۰۰	۶۷۸۱۶۵۰	۱۰۴۸

با توجه به نتایج جدول ۹، مقدار آب مصرفی در سه روش لایسیمتر، تتاپروب و تشت تبخیر به ترتیب برابر ۷۱۹۰، ۶۶۱۵ و ۶۴۷۱ مترمکعب در هکتار بدست آمده است. به عبارتی روش میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار پیشنهادی نه تنها به‌ترتیب نسبت به روش تشتک و روش مکش خاک ۱۰ و ۸ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب دارد بلکه عملکرد محصول هم به‌ترتیب ۱۰ و ۵ درصد نسبت به این دو روش بهبود می‌یابد. همچنین عملکرد و بازده ریالی هر مترمکعب آب در روش تشت تبخیر از دو روش لایسیمتر و تتاپروب کمتر بوده است. همچنین در روش لایسیمتری با توجه به مصرف بیشتر آب مقدار عملکرد و بازده اقتصادی محصول از دو روش دیگر بیشتر بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق ریحان به میزان ۱۱/۲ میلیمتر در روز ۵۳ام پس از کاشت در تاریخ هفتم مرداد ماه اندازه‌گیری شده است. همچنین بیشترین ضریب گیاهی ریحان در مراحل توسعه و میانی رشد و برابر ۱/۲۶ بدست آمده است. در تحقیق نادریان‌فر (۱۳۹۵) بیشترین ضریب گیاهی ریحان در تیر ماه به میـزان ۱/۴۲ گزارش شده است. تفاوت‌های تحقیق حاضر با تحقیق نادریان‌فر (۱۳۹۵) که باعث ایجاد اختلاف در نتایج شده است، شامل تفاوت طول دوره رشد (در تحقیق حاضر ۹۱ روز اما در تحقیق نادریان‌فر (۱۳۹۵) ۱۱۰ روز)، تفاوت رقم گیاه ریحان کشت شده (در تحقیق حاضر رقم گیاه ریحان توده مازندران و در تحقیق نادریان‌فر (۱۳۹۵) رقـم گیاه ریحان کشـکنی لـولـو) و تفاوت در

www.SID.ir

Archive of SID

تاریخ‌های کشت گیاه (در تحقیق حاضر ١٦ خرداد ١٣٩٥ و هفت اردیبهشت ١٣٩٦ و در تحقیق نادریان‌فر (١٣٩٥) ٢٧ خرداد ١٣٩٢ و ١٧ اردیبهشت ١٣٩٣) می‌باشد. با وجود این تفاوت‌ها، حداکثر نیاز آبی در هر دو تحقیق برای تیرماه بدست آمده است. بیش‌ترین عملکرد ماده تر در روش برآورد نیاز آبی مستقیم با مقدار ٥٩٩٨ و ٥٩٦٦ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمده است. همچنین بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در روش برآورد نیاز آبی مستقیم با مقدار ٣٧٨٢ و ٣٦٩٨ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ در روش مستقیم نیاز آبی و در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد.

فهرست منابع

١. احمدی، م.، خاشعی‌سیوکی، ع. و سیاری، م.ح. ١٣٩٥. بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده. نشریه‌ی بوم شناسی کشاورزی، ٨ (٤): ٥٢٠-٥٠٥.

٢. امیدبیگی، ر. ١٣٩٠. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، چاپ ششم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، شماره نشر ١٤٩، ٣٩٧ صفحه.

٣. راد، م. ه.، عصاره، م. ح.، مشکوه، م. ع.، دشتکیان، ک. و سلطانی، م. ١٣٨٩. نیاز آبی و تابع تولید اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh*) در شرایط اقلیمی خشک. مجله‌ی جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ٢ (١): ٧١-٦١.

٤. سرائی‌تبریزی، م.، پارسی‌نژاد، م.، لیاقت، ع. و بابازاده، ح. ١٣٩١. تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی سویا در مراحل مختلف رشد. نشریه‌ی زراعت، (٩٧): ١٢١-١١٣.

٥. سفید کن، ف. ١٣٨٧ .برنامه راهبردی تحقیق پژوهش‌های گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ٤٠ صفحه.

٦. سهرابی، ت.، ابراهیمی، ع.، رحیمی، ح. و خلیلی، ع. ١٣٨٤. طراحی، ساخت و نصب لایسیمتر وزنی به منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ١٢ (٢): ٤٣-٣٣.

٧. صارمی، م.، فرهادی، ب.، ملکی، ع. و فراستی، م. ١٣٩٤. تعیین ضرای گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم آباد). نشریه ی پژوهش های حبوبات ایران، ٦ (٢): ٨٧-٩٨.

٨. قیصری، م.، میرلطیفی، م.، همایی، م. واسدی، م. ١٣٨٥. تعیین نیاز آبی ذرت علوفه‌ای و ضریب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ٧ (٢٦): ١٢٧ -١٤٢.

٩. کیانی، م.، قیصری، م.، مصطفی‌زاده‌فرد، ب.، مجیدی، م. م. و لندی، ا. ١٣٩٣. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته‌ی آفتابگردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره ای – نواری. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ١٨ (٦٧): ٢٨٩-٢٩٩.

١٠. محمدی، ح.، میری، م.، رحیمی، م. و طیبی، ص. ١٣٩٢. تأثیر دما بر نیاز آبی گیاه پنبه در شهرستان سبزوار. فصلنامه‌ی جغرافیایی سرزمین، ١٠ (٤٠): ٢٩-١٥.

١١. نادریانفر، م. ١٣٩٥. تعیین تابع تولید گیاه ریحان تحت شرایط کم آبیاری و استفاده از نانو کود. آبیاری و زهکشی ایران، ١٠(٣): ٣٦٥-٣٧٦.

١٢. نادریانفر، م.، انصاری، ح.، عزیزی، م. ١٣٩٤. اثر کم آبیاری و کود در دو بافت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ریحان. پژوهش آب در کشاورزی، ٢٩(٣): ٣٥٣-٣٦٦.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳. نیازی، ج.، فولادوند، ح.، احمدی، ح. و وزیری، ژ. ۱۳۸٤. نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم در منطقه‌ی زرقان استان فارس. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۱): ۷-۱.

14. Ekren, S., Sonmez, ch., Ozcakal, E., Kukul Kurttas, Y., Bayram, E. and Gurgulu, H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management, 109: 155-161.
15. Paredes, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M. and S.Pereira, L. 2018. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual K_c approach. Agricultural Water Management, 195: 11-24.
16. Sarai Tabrizi, M. 2017. Designing Micro-Lysimeter for accurate measurement of crop water requirements. WATSAVE AWARD 2017 (Young Professional), International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 5 pp., http://www.icid.org/awards_ws.html.

www.SID.ir

Archive of SID

Estimation of Basil Water Requirement for Effective Field Water Management

M. Farahbakhsh, M. Sarai Tabrizi [1*], and H. Babazadeh

MSc. Student, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
ma.farahbakhsh@srbiau.ac.ir
Assistant Professor, Department of Water Engineering and Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
m.sarai@srbiau.ac.ir
Associate Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
h_babazadeh@srbiau.ac.ir

Abstract

It is very important to estimate the actual water requirement of the plant for irrigation planning and hence effective water management in the field. The purpose of this study was to evaluate the conventional methods of estimating crop water demands and the actual water requirement of basil plant under field conditions. For this purpose, an experiment was carried out on three separate hectares, with three different methods of estimating basil water requirement, including the method of Standard Class A evaporation pan, the method of TethaProbe soil moisture set, and a proposed weighing micro-lysimeter method. Besides, the study compared four irrigation treatments including full irrigation (FI) and deficit irrigation at (DI 80%), (DI 60%), and (DI 40%) of water requirement for two consecutive years in 2017 and 2018. The results showed that the highest amount of basil evapotranspiration was measured at 11.2 mm/day, 53 days after planting. Also, basil crop coefficient values at the initial stages, development, middle, and end of growth were 0.63, 1.08, 1.12, and 0.97 respectively, and the highest basil coefficient in the 25th of July was equal to 1.26. The highest yield of fresh matter in the direct method of estimating water demand was obtained at 5998 and 5966 kg ha^{-1}, respectively, in 2016 and 2017 in full irrigation. Also, the results of this study showed that the proposed lysimeter method improved the method of Class A pan and soil sampling by, respectively, 10% and 8% water consumption, and yields by 10% and 5%, respectively. Also, with this method, the maximum economic return was 4186 Rials per cubic meter of water.

Keywords: Agricultural water management, Basil crop coefficient, Micro-lysimeter

[1] - Corresponding author: Department of Water Engineering, College of Agriculture Sciences and Food Industries, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*- Received: May 2018, and Accepted: November 2018

www.SID.ir