نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۸۲۲-۸۱۱

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 811-822

تعیین بهره‌وری آب و نیاز آبی خیار گلخانه‌ای در قزوین

رقیه نجفی پور[۱]- هادی رمضانی اعتدالی[۲*]- بیژن نظری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

چکیده

کشت‌های گلخانه‌ای نقش ویژه‌ای در تولید محصولات کشاورزی دارند. آگاهی از میزان دقیق نیاز آبی در برنامه‌ریزی توسعه گلخانه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی و ارایه مدلی برای برآورد تبخیر و تعرق خیار در شرایط گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های هواشناسی و مطالعه بهره‌وری آب در تولید این محصول در قزوین است. در طی تحقیق، تغییرات دما، رطوبت، تشعشع، ارتفاع گیاه و رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. با بررسی مدل‌های ریاضی مختلف، یک مدل توانی با پارامترهای دما، رطوبت نسبی و ارتفاع گیاه و با ضریب همبستگی ۰/۸۶ به عنوان بهترین مدل برای برآورد تبخیر و تعرق خیار گلخانه‌ای انتخاب شد. همچنین مقایسه تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده با روابط متداول تعیین تبخیر و تعرق نشان داد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد بین تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده و تبخیر و تعرق برآورد شده با روش فائو پنمن مانتیث همبستگی وجود دارد. روش فائو پن من مانتیث با ضریب تبیین ۰/۴۲ از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بوده و روش بلانی کریدل اصلاح شده با ضریب تبیین ۰/۲۴ کمترین دقت را دارد. همچنین بهره‌وری آب در گلخانه‌های کشت خیار فعال در استان قزوین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده بهره‌وری آب خیار در گلخانه‌ها از ۹/۲۳ تا ۲۲/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر است. این دامنه تغییرات مساله اهمیت مدیریت و بهره‌برداری در ارتقای بهره‌وری آب در گلخانه‌ها را خاطر نشان می‌سازد. طبق برآوردهای انجام شده در این تحقیق اگر میزان تولید فعلی خیار در استان در فضای آزاد در گلخانه‌ها کشت شود، به ۱۱۷ هکتار گلخانه نیاز خواهد داشت و با این عمل نزدیک به ۱۵ میلیون متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد. با بررسی سایر جوانب اقتصادی و اجتماعی توسعه گلخانه‌ها می‌تواند در تسکین مشکلات کم آبی در استان کمک‌ساز باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، فائو-پن‌من-مانتیث، کم آبیاری

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی از یک سو و فصلی بودن تولید محصولات از سوی دیگر، سبب شده که برای تأمین نیازهای موجود راهکارهایی در نظر گرفته شود تا هم میزان تولید افزایش یافته و هم امکان تولید محصولات در خارج از فصل میسر باشد. از جمله این راهکارها کشت محصولات در گلخانه است. در گلخانه با مدیریت بهتر تمام پارامترهای مؤثر بر عملکرد گیاهان از جمله پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت، تشعشع و ...) و پارامترهای مدیریت کشاورزی (آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، خاک و ...) می‌توان میزان تولید را افزایش داد. در گلخانه‌ها به دلیل کنترلی که بر عوامل تولید وجود دارد، امکان کشت خارج از فصل وجود دارد که این مساله از نظر امنیت غذایی و اقتصاد و بازاریابی کشاورزی اهمیت زیادی دارد.

کشت‌های گلخانه‌ای با توجه به فراهم نمودن شرایط کنترل شده تولید و با مدیریت متغیرهای محیطی اهمیت ویژه‌ای در پیشبرد فرایند توسعه کشاورزی دارند. بدیهی است برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه این نظام تولیدی با توجه به شرایط ویژه آن، نیازمند شناخت متغیرها و محدویت‌هایی است که بازدارنده‌ی توسعه این کشت می‌باشد. تدوین یک برنامه آبیاری مناسب و اعمال مدیریتی تخصصی و آگاهانه از الزامات انکارناپذیر در کارآیی کشت در گلخانه‌هاست. آگاهی از میزان دقیق نیاز آبی در هر زمان هم از منظر تولید و رشد محصول و هم از منظر مدیریت مصرف آب در سیستم‌های گلخانه‌ای حائز اهمیت زیادی می‌باشد. به همین دلیل تحقیقات متعددی در مبحث برآورد نیاز آبی گیاهان صورت گرفته و در این راستا مدل‌های مختلفی برای تخمین نیاز آبی گیاه ارایه شده است (۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۳ و ۲۷).

اثر عوامل جوی و فیزیولوژی گیاه در فرایند تبخیروتعرق، سبب پیچیدگی این فرایند و ارایه روش‌های بسیاری برای تخمین آن شده است. تاکنون بیش از ۵۰ روش تخمین تبخیروتعرق گیاه مرجع در قالب روش‌های ترکیبی، آئرودینامیک و تجربی ارایه شده است، که معمولاً نتایج متفاوتی دارند. با توجه به محدودیت‌های تعیین پارامترهای موردنیاز این روش‌ها در شرایط گلخانه، استفاده از روش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین
(*- نویسنده مسئول: Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.v33i6.69882

www.SID.ir

Archive of SID

های فوق در گلخانه‌ها با محدودیت روبرو می‌گردد. تاکنون مدل‌های مختلفی برای تخمین نیاز آبی گیاهان ارایه شده است، اما اطلاعات کاملی در مورد رفتار آنها در شرایط گلخانه‌ای وجود ندارد که دلیل آن واسنجی خاص شرایط خود می‌باشد. علاوه بر آن، معادلات تجربی و ترکیبی زیادی نیز برای محاسبه تبخیر و تعرق، توسط محققین ارایه شده است که برای شرایط گلخانه به کار رفته و در صورت نیاز واسنجی کرده‌اند تا اختلاف تبخیر و تعرق محاسبه شده و تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده حداقل گردد (۲۵، ۲۸ و ۳۰). مقدار تبخیر و تعرق مرجع را در داخل یک گلخانه شیشه‌ای با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و هم‌چنین ۴ روش فیزیکی پنمن، پنمن – مانتیث، استنگلینی و فین تخمین زده شد (۱). برای بررسی دقت روش‌های مذکور از داده‌های لایسیمتری گیاه چمن کشت شده در گلخانه استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی بهترین تخمین را از تبخیر–تعرق مرجع ارایه می‌دهد. همچنین روش‌های استنگلینی، پنمن–مانتیث، فین و پنمن به‌ترتیب از لحاظ میزان دقت در تخمین تبخیر و تعرق در گلخانه مورد مطالعه قرار گرفتند (۱). همچنین ایشان مقدار تبخیر و تعرق سه گیاه خیار، گوجه فرنگی و فلفل را در داخل گلخانه شیشه‌ای دانشگاه صنعتی اصفهان به مدت هفت ماه، با استفاده از میکرولایسیمتر برآورد کردند برای یافتن ارتباط میان داده‌های اقلیمی گلخانه با میزان تبخیر–تعرق گیاه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS اقدام به مدل‌سازی فرایند تبخیر–تعرق گردید. نتایج نشان داد که بهترین مدل پیشنهادی شامل یک معادله رگرسیونی غیر خطی مبتنی بر دمای متوسط روزانه، تشعشع خورشیدی و ارتفاع گیاه می‌باشد (۱).

در طرف مقابل نیز مطالعات بسیاری در مورد صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گلخانه‌ها گزارش شده است. بوتارو و همکاران (۲۰۱۵) مدیریت آبیاری گلخانه های گوجه فرنگی و خیار را با استفاده از تانسیومتر مطالعه نمودند و اثرات مدیریت آبیاری را بر روی عملکرد،کیفیت و بهره‌وری آب بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با استفاده از تانسیومتر بین ۳۵ تا ۴۶ درصد برای گوجه فرنگی و خیار صرفه‌جویی در آب اتفاق افتاده است. هاشم و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین بهره‌وری مصرف آب خیار گلخانه‌ای در مصر را درطی دو سال آزمایش در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ را برای گلخانه‌های با پوشش سفید و برابر با ۲۶/۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند. علی و همکاران (۲۰۱۵) بهره‌وری مصرف آب در خیار گلخانه‌ای را در حالت آبیاری کامل (بدون تنش) ۲۷/۹ کیلوگرم بر متر مکعب در عربستان گزارش نمودند.

جمع‌بندی مرور منابع نشان می‌دهد توجه به توسعه گلخانه‌ها با توجه به بهره‌وری آب بالاتر در این سیستم کشت، از راهکارهای اجتناب‌ناپذیر منطقه در حل مشکلات کم‌آبی خواهد بود. در مطالعات بسیاری سودمندی گلخانه‌ها در بهبود عملکرد، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی گزارش شده است (۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۴ و ۲۹). تاکنون مطالعات جامعی در سطح شهرستان قزوین در مورد بهره‌وری کشت خیار گلخانه‌ای و اثر آن بر منابع آب منطقه صورت نگرفته است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین نیاز آبی خیار گلخانه ای و ارائه مدلی به منظور برآورد تبخیر و تعرق گیاه خیار در شرایط گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های هواشناسی می‌باشد تا ضمن محاسبه نیاز آبی، به کمک آن بتوان با تنش‌های خشکی احتمالی ناخواسته در طول دوره رشد گیاه خیار گلخانه‌ای مقابله و تولید را به بیشترین مقدار ممکن نزدیک نمود. همچنین تعیین میزان بهره‌وری خیار گلخانه‌ای در استان قزوین و اثر این بهبود بر کاهش فشار بر منابع آب منطقه هدف دیگر این مطالعه خواهد بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه‌ای در نزدیکی شهر قزوین و در مختصاتی به طول جغرافیایی ۴۰۱۲۲۱ و عرض جغرافیایی ۴۰۰۸۸۱۸ متر و با مساحت ۳۰۰۰ متر مربع با ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریا انجام گرفت. ارتفاع تاج گلخانه از زمین ۴ متر، پوشش پلاستیک آن از جنس پلی اتیلن، با ضخامت ۰/۱۵ میلی‌متر می‌باشد. اسکلت گلخانه بصورت قوسی و دوقلو بوده است. آزمایش‌ها در انتهای گلخانه با کاشت نشا گلخانه در تاریخ ۹۳/۱۲/۲۹ در دو ردیف گلدان انجام گرفت (شکل ۱). گلخانه مجهز به ادوات لازم برای اندازه‌گیری روزانه داده‌های هواشناسی از قبیل دماسنج برای قرائت دمای لحظه‌ای، دمای بیشینه و کمینه، رطوبت‌سنج برای قرائت رطوبت نسبی موجود در گلخانه، تجهیزات اندازه‌گیری شدت تابش داخل گلخانه و سیستم گرمایشی و سرمایشی است.

بافت خاک در این پژوهش، لومی رسی بوده و دارای ۳۰ ٪ شن، ۳۲ ٪سیلت و ۳۸٪ رس و دارای ۳۱ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه و ۱۶ درصد رطوبت پژمردگی بوده است. دور آبیاری برابر با دو روز، شرایط مساعد برای انجام تبخیر و تعرق بدون تنش برقرار می‌باشد.

گیاه مورد مطالعه بر اساس کشت غالب منطقه، خیار انتخاب گردید. در این آزمایش از بذور خیار رویال که با زمان کاشت و طول دوره برداشت هماهنگی دارد، استفاده شد. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۱۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۳ سانتی‌متر بودند. در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی شن درشت و ریز (برای زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها با خاک کشاورزی منطقه که برای کشت خیار تهیه شده بود پر گردیدند. برای تأمین شرایطی مشابه با کشت واقعی خیار در گلخانه، گلدان‌ها در مجاورت کشت معمول گلخانه قرار داده شدند. آبیاری بوته‌ها دستی انجام گرفت و در طول دوره آزمایشات به مدت ۸۳ روز، رطوبت نسبی، دما و تشعشع در داخل گلخانه در ساعات مختلفی از روز اندازه‌گیری گردید. همچنین تأثیرات کم آبیاری بر روی خصوصیات مختلف بوته‌های تحت آزمایش مشاهده و ثبت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- آماده سازی گلدان‌ها و کشت نشا

Figure 1- Preparation of pots and planting

اندازه‌گیری رطوبت به صورت وزنی صورت گرفت و کاهش رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل نسبت به حد رطوبت FC در هر دور آبیاری جبران گردید. این مقدار آب، بدلیل نداشتن تلفات رواناب و نفوذ عمقی برابر با تبخیر و تعرق در نظر گرفته شد. هدایت الکتریکی آب آبیاری برابر با ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که محدودیتی از نظر شوری برای رشد خیار ایجاد نمی‌کند. دور آبیاری همچنان که ذکر شد، در تمام تیمارها دو روز تعیین گردید. تا ۳۰ روز پس از کاشت (مرحله ۴ تا ۶ برگی) گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری می‌شدند. سپس به منظور بررسی اثرات کم آبیاری ۴ تیمار در نظر گرفته شد. تیمار اول (FI): عمق آبیاری برابر ۱۰۰ ٪ تبخیر و تعرق گیاه، تیمار دو (DI20): عمق آبیاری برابر ۸۰ ٪ تبخیر و تعرق گیاه، تیمار سوم (DI40):عمق آبیاری برابر ۶۰ ٪ تبخیر و تعرق گیاه و تیمارچهارم (DI60): عمق آبیاری برابر ۴۰ ٪ تبخیر و تعرق گیاه با پنج تکرار بودند. زمان و میزان آبیاری در تیمارهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

با اتمام مراحل رشد گیاهان و تعیین مقادیر تبخیر و تعرق روزانه، با استفاده از تمامی پارامترهای برداشت شده در طی تحقیق از قبیل دمای روزانه، رطوبت نسبی، تشعشع خورشیدی، اقدام به مدل‌سازی فرآیند تبخیر و تعرق گیاهان کشت شده در گلخانه در قالب SPSS، Excel گردید. پس از ارایه مدل‌های پیشنهادی برآوردکننده میزان تبخیر و تعرق خیار گلخانه‌ای به کمک داده‌های هواشناسی مربوطه، این مدل‌ها به کمک داده‌های لایسیمتری مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور از ضریب همبستگی (R2) و میانگین خطای مطلق (MSE) استفاده شد. با توجه به این که بهترین مدل بایستی دارای حداقل پارامترهای لازم و بیشترین دقت باشد، در نهایت از تلفیق مدل‌های مختلف یک مدل کلی برای محاسبه نیاز آبی گیاهان کشت شده پیشنهاد شد.

با توجه به اینکه یکی از اهداف مورد نظر این پایان نامه، ارزیابی میزان آب مصرفی در شرایط موجود و محاسبه بهره‌وری آب کشت گلخانه‌ای است، در ۹ گلخانه در سطح استان، سیستم موجود آبیاری گلخانه و میزان آب مصرفی و عملکرد گلخانه‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از طریق تکمیل پرسشنامه، اقدام به جمع‌آوری و جمع‌بندی وضع موجود بهره‌برداری در تعدادی از گلخانه‌های تولیدی استان قزوین در شهرستان‌های قزوین، آبیک و بوئین زهرا گردید (جدول ۲). این اطلاعات شامل اطلاعات کلی گلخانه، مساحت بهره برداری، روش آبیاری، منبع تأمین آب، نوع محصول و عملکرد محصول بوده است.

نتایج و بحث

اثر پارامترهای اندازه‌گیری شده بر تبخیر و تعرق

اثر پارامترهای دما، رطوبت نسبی، تشعشع و ارتفاع گیاه با تبخیر و تعرق در شکل ۲ آورده شده است. بیشترین همبستگی تبخیر و تعرق به‌ترتیب با پارامترهای ارتفاع گیاه، تشعشع و حداقل دما می‌باشد. اثر دمای حداقل، دما میانگین، تشعشع و ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد و اثر دمای حداکثر و رطوبت نسبی در سطح احتمال ۵ درصد بر تبخیر و تعرق معنی‌دار بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تاریخ و حجم آبیاری (میلی‌لیتر) در تیمارهای مختلف

Table 1- Date and volume (ml) of irrigation in different treatments

تاریخ Date	93/12/29	94/1/10	94/1/12	94/1/15	94/1/17	94/1/18	94/1/20	94/1/22	94/1/24	94/1/26
آبیاری کامل FI	94.3	74.6	52.0	205.1	167.9	101.8	203.8	196.1	77.9	174.4
۲۰٪ کم آبیاری DI20	96.0	48.8	49.3	240.7	176.0	101.1	215.6	205.4	78.2	187.3
۴۰٪ کم آبیاری DI40	106.0	128.4	51.6	209.0	164.4	-	270.3	200.3	75.5	168.5
۶۰٪ کم آبیاری DI60	96.0	-	37.3	191.1	162.0	-	262.4	190.7	69.9	169.7
تاریخ Date	94/1/28	94/1/30	94/2/1	94/2/3	94/2/5	94/2/6	94/2/8	94/2/10	94/2/12	94/2/14
آبیاری کامل FI	185.2	298.3	251.3	230.8	316.3	115.7	269.1	362.4	356.0	317.5
۲۰٪ کم آبیاری DI20	202.9	240.0	201.0	184.0	252.8	92.5	215.3	289.9	284.8	296.3
۴۰٪ کم آبیاری DI40	187.4	180.0	151.0	138.4	189.6	69.4	161.5	217.4	213.6	222.2
۶۰٪ کم آبیاری DI60	183.0	120.0	100.0	92.3	126.4	46.2	107.7	144.9	142.4	148.2
تاریخ Date	94/2/16	94/2/17	94/2/19	94/2/21	94/2/23	94/2/25	94/2/27	94/2/29	94/2/31	94/3/2
آبیاری کامل FI	377.3	179.3	231.1	335.7	328.3	377.2	434.4	643.6	546.7	533.4
۲۰٪ کم آبیاری DI20	301.8	143.4	177.7	268.5	262.6	301.8	347.5	514.9	437.3	426.7
۴۰٪ کم آبیاری DI40	226.4	107.5	133.3	201.4	196.9	226.3	260.6	386.2	327.9	320.0
۶۰٪ کم آبیاری DI60	150.9	71.7	88.8	134.3	131.3	150.9	173.7	257.5	218.6	213.4
تاریخ Date	94/3/4	94/3/6	94/3/8	94/3/10	94/3/12	94/3/14	94/3/16	94/3/18	94/3/20	مجموع Total
آبیاری کامل FI	163.3	378	479.3571	237.6429	391.6143	402.2	416.5571	541.2286	403.7714	11357.37
۲۰٪ کم آبیاری DI20	130.6	302.4	383.4	191	313.3	381	333.3	433	323.2	9621.54
۴۰٪ کم آبیاری DI40	97.9	226.8	287.6	142.5	235	241.2	250	325	242.4	7509.42
۶۰٪ کم آبیاری DI60	65.3	151.2	191.7	95	156.6	160.8	166.7	216.5	161.6	5304.4

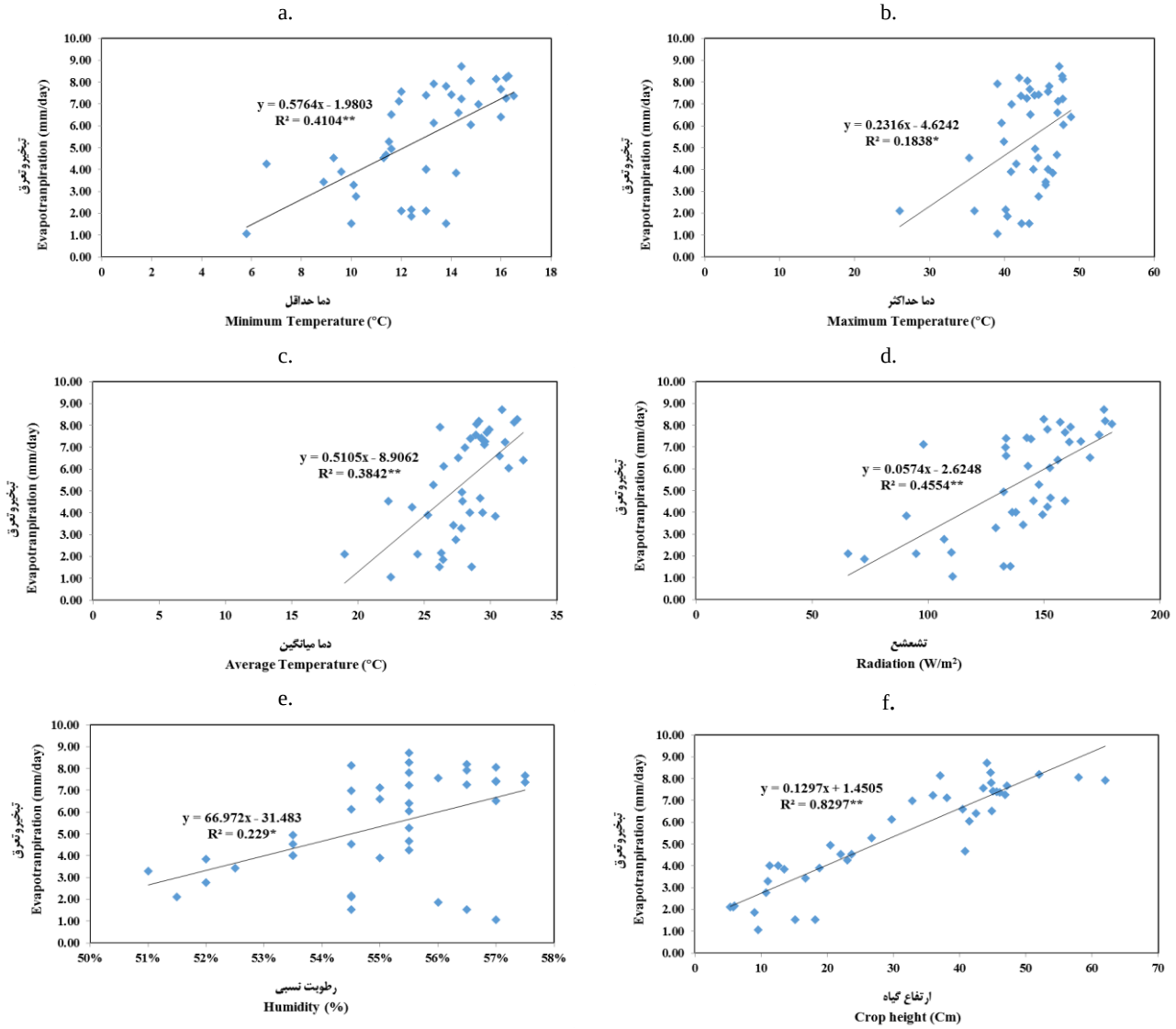
جدول ۲- مشخصات گلخانه‌ها

Table 2- Greenhouse characteristics

شماره گلخانه‌ها Greenhouse no.	شهرستان CIty	مساحت (متر مربع) Area (m^2)	منبع آب Water source	دبی (لیتربرثانیه) Flow (Lit/Sec)	نوع پوشش گلخانه Greenhouse cover	محصول Crop
1	آبیک Abyek	4500	چاه Well	0.2	پلاستیک یووی Uv plastic	خیار Cucumber
2		3600		0.2		
3		3000		0.1		
4	قزوین Qazvin	3000		0.1		
5		3000		0.1		
6		5000		0.2		
7	بویین زهرا Boein Zahra	15000		1		
8		15000		1		
9		4000		0.5		

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- اثر پارامترهای مختلف بر تبخیروتعرق خیار گلخانه‌ای

Figure 2- Effect of different parameters on greenhouse cucumber evapotranpiration

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهند.

* and ** significant at significance levels of 5% and 1%, respectively.

مدل‌سازی تبخیر و تعرق خیار گلخانه‌ای

با استفاده از نرم‌افزارSPSS برای گیاه کشت شده، معادلات رگرسیونی خطی و غیرخطی متعددی که در منابع مختلف مورد استفاده قرار گرفته بود برای پیش‌بینی میزان تبخیر و تعرق به دست آمد. در اکثر این روابط، تبخیر و تعرق گیاه (ET) به پارامترهای تشعشع (Rn)، دمای متوسط (Tavg)، رطوبت نسبی (RH) و ارتفاع گیاه (H) وابسته بود. بنابراین مقدار تبخیر و تعرق گیاه خیار، در گلخانه مورد مطالعه به صورت معادلات جدول ۳ به‌دست آمد و با تلفیق مدل‌های مختلف، یک مدل رگرسیونی غیرخطی مبتنی بر پارامترهای دما میانگین (Tavg)، رطوبت نسبی میانگین (RHavg) و ارتفاع گیاه (معادله ۱) و یک مدل رگرسیونی خطی مبتنی بر پارامترهای دما مینیمم (Tmin)، رطوبت نسبی مینیمم (RHmin)، تشعشع و ارتفاع گیاه (معادله ۱۱)، با بیشترین دقت تعریف گردید.

مطابق جدول ۳ معادلات ۱ و ۱۱ برازش شده تبخیر و تعرق دارای بیشترین ضریب همبستگی و کمترین میانگین مربعات خطا می‌باشند. فتحعلیان و همکاران (۱۳۸۷) نظیر معادله ۱۳ را با ضریب همبستگی ۰/۹۲ بدست آوردند با این تفاوت که در مطالعه مذکور از رطوبت نسبی میانگین استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- معادلات تبخیر و تعرق

Table 3- Evapotranspiration equations

ردیف	معادله Equation	ضرایب معادله Equation coefficient a	b	c	d	e	ضریب همبستگی Corrolation coefficient	میانگین مربعات خطا Average of square error
1	ET= Tavg a RHavg b H c	0.812	-0.79	0.643	–	–	0.865	0.781
2	ET=a Tmin+b RHmin+c Rn	0.382	-0.34	0.453	–	–	0.658	1.919
3	ET=aTmax+bRHmax+cRn	0.088	-0.06	0.598	–	–	0.456	3.055
4	ET=aTavg+bRHavg+cRn	0.298	-0.017	0.544	–	–	0.555	3.497
5	ET=aRa b Tavg c H d	0.05	0.772	0.015	0.612	–	0.858	0.817
6	ET=aTavg+bRHavg+c H	0.165	-0.05	0.0118	–	–	0.857	0.804
7	ET=aTmin+bRHmin+c H	0.199	-0.04	0.113	–	–	0.856	0.809
8	ET=aTmax+bRHmax+c H	0.08	-0.02	0.126	–	–	0.842	0.887
9	ET=aTmax+bRHmax+cRn +d H	0.078	-0.02	0.045	0.122	–	0.843	0.905
10	ET=aTavg+bRHavg+cRn +d H	0.163	-0.06	0.062	0.0113	–	0.859	0.814
11	ET=aTmin+b RHmin+ cRn +d H	0.193	-0.1	0.112	0.100	–	0.865	0.781
12	$ET_0 = \frac{a[\Delta(R_n - G)]}{\Delta + \gamma}$	0.575	–	–	–	–	0.463	2.865
13	$ET_0 = a + \frac{b\Delta(R_n)}{\Delta+\gamma} + c(e_a - e_d) + d\frac{n}{N} + eRH_{max}$	10.8	1.726	0.105	-9.9	-0.16	0.861	0.825
14	$ET_0 = \frac{a\Delta(R_n)}{\Delta+\gamma} + b(e_a - e_d) + c\frac{n}{N} + dRH_{max}$	1.548	0.067	-8.63	-0.04	–	0.847	0.881

مقایسه روش‌های متداول برآورد تبخیر و تعرق

در این تحقیق، تبخیروتعرق مرجع با استفاده از سه روش فائو-پن‌من-مانتیث، بلانی -کریدل اصلاح شده و هارگریوز سامانی محاسبه و با داده های لایسیمتری که با استفاده از روش حجمی درون گلخانه ثبت گردیده، مقایسه شد. برای تعیین بهترین روش محاسبه تبخیروتعرق استاندارد گیاه مرجع از آنالیز واریانس و بررسی وجود همبستگی معنی‌دار بین مقادیر تبخیروتعرق مشاهده ای و اندازه گیری شده در سه روش محاسباتی فوق استفاده گردید. نمودار تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده با تبخیر و تعرق محاسبه شده در روش‌های فائو پن‌من مانتیث، هارگریوز سامانی و بلانی کریدل به ترتیب در شکل ۳ آورده شده است.

نتایج نشان داد که روش فائو پن‌من مانتیث با ضریب همبستگی ۰/۴۲ از دقت بیشتری برخوردار بوده و روش بلانی کریدل اصلاح شده با ضریب همبستگی ۰/۲۴ کمترین دقت را دارد. شهابی‌فر و همکاران (۱۳۸۶) نیز شش روش محاسباتی تبخیر و تعرق سطح مرجع با داده‌های لایسیمتری را درون گلخانه مورد ارزیابی قرار دادند که روش فائو پن‌من مانتیث با ضریب همبستگی ۰/۶۸ بیشترین دقت و بلانی کریدل با ضریب همبستگی ۰/۴۸ ازکمترین دقت برخوردار بود.

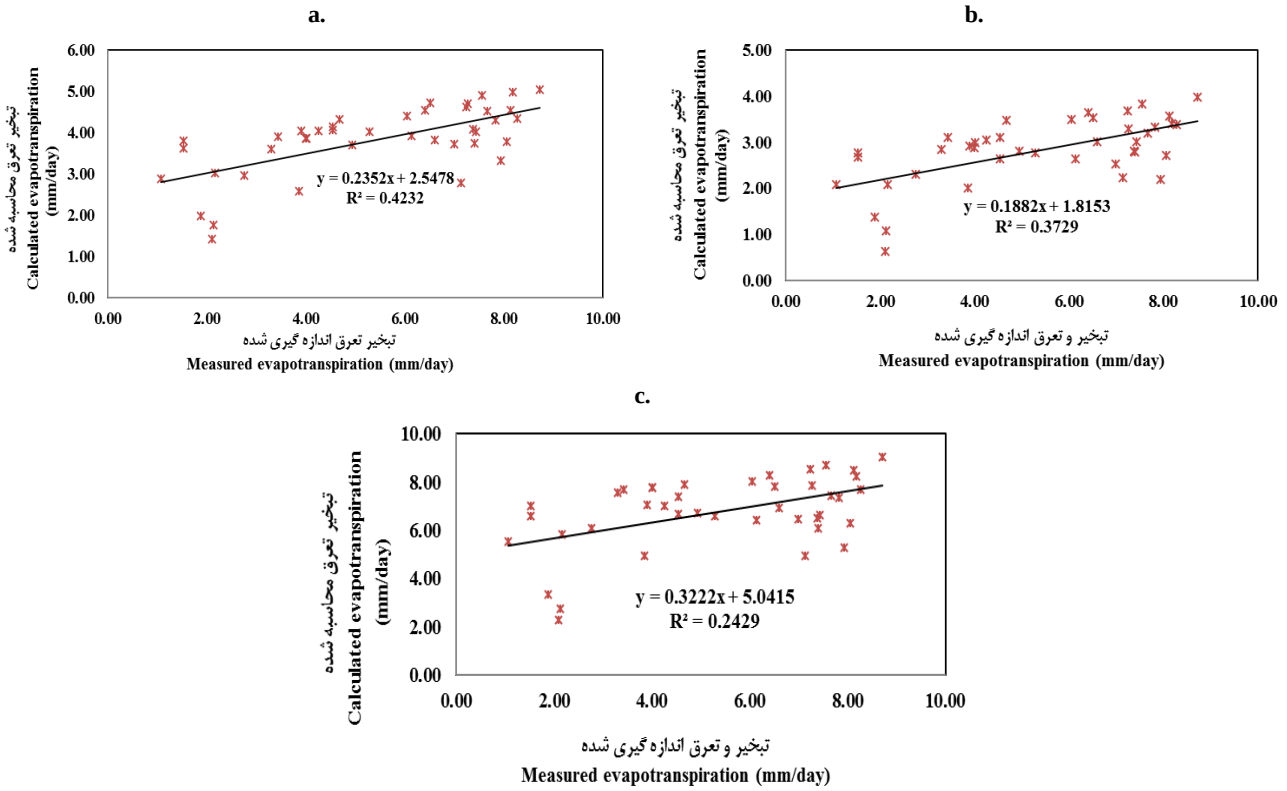
نتایج مطالعات کم آبیاری و بهره‌وری آب

در جدول ۴ مقادیر تبخیر و تعرق و کاهش عملکرد برای تیمارهای مختلف آورده شده است که بیشترین تبخیر و تعرق و عملکرد در تیمار FI (تیمار کامل آبیاری) و پایین‌ترین مقدار آنها در تیمار DI60 (۴۰٪ تیمار کامل آبیاری) می‌باشد. با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که با کاهش حجم آب مصرفی در تیمارها مقدار عملکرد شدیدا کاهش می‌یابد. در تیمار FI بیشترین مقدار بهره‌وری آب برابر با ۶۳/۹۸ و در تیمار DI60 کمترین مقدار آن برابر با ۲۵/۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شده است. بنابراین در شرایط گلخانه ای، کاهش مقدار آب آبیاری به کمتر از مقدار آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل (تیمار اول) توصیه نمی‌گردد.

شکل ۴ نیز نشان‌دهنده آن است که حداکثر بهره‌وری آب در حداکثر ETc حاصل شده است و با کاهش یافتن ETc ناشی از تقلیل آب مصرفی، بهره‌وری آب نه تنها افزایش نیافته بلکه کاهش نیز یافته است. میزان کاهش از تیمار FI به DI60 قابل توجه بوده است. به عبارت دیگر میزان افت عملکرد تقریبا به نسبت میزان تقلیل آب مصرفی نبود به طوری‌که نسبت آن دو (یعنی بهره‌وری آب) افت قابل توجهی داشته است. با توجه به نتایج حاصله و حساسیت خیار گلخانه‌ای به کمبود آب و کاهش معنی‌دار عملکرد در مقابل کاهش آب آبیاری، اعمال کم آبیاری توصیه نمی‌شود ولی صرفه‌جویی در مصرف آب با کاهش تلفات آب و افزایش راندمان آبیاری امکان‌پذیر است. این نتیجه در مطالعات دیگر بر روی خیار گلخانه‌ای نیز گزارش شده است. کریمی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه تأثیر کم آبیاری روی رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای در تیمار T1 (آبیاری کامل) بیشترین مقدار بهره‌وری آب برابر ۶۹/۷ و در تیمار T4 (۴۰٪ تیمار کامل آبیاری) کمترین مقدار آن برابر ۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب را بدست آوردند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه روش‌های برآورد تبخیروتعرق

Figure 3- Comparision of evapotranspiration estimation methods

جدول ٤- مقادیر تبخیر و تعرق دوره رشد و عملکرد خیار در تیمارهای مختلف آبیاری

Table 3- Evapotranspiration and yield of cucumber in different treatments

تیمار Treatment	FI	DI20	DI40	DI60
تبخیر و تعرق (mm/day) Evapotraspitation (mm/day)	220.74	194.64	153.75	112.55
کاهش عملکرد (٪) Yield reduction (%)	0	49.4	67.3	81.2

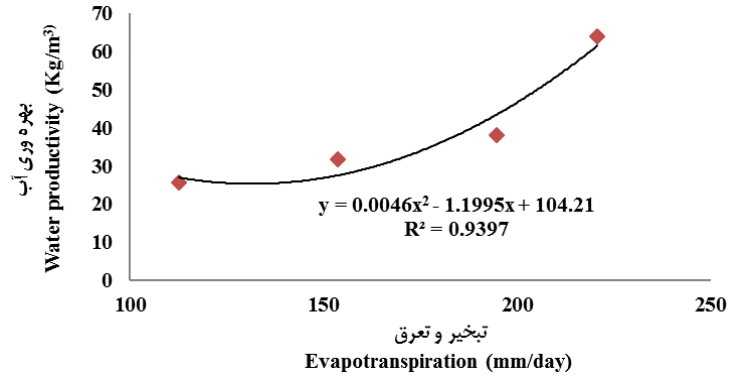
در نتیجه میزان کاهش میزان آب مصرفی از تیمار T1 به T4 قابل توصیه نبوده است. چارتزولاکیس و دروسوس (۱۹۹۵) نیز تحقیقاتی را در مورد نیاز آبی خیار در گلخانه‌ای در یونان انجام دادند. مصرف آب خیار ۲۹۰ میلی‌متر در طول ۳/۵ ماه دوره فصل رویش بود و چهار سطح کم آبیاری برابر با ۱۰۰٪، ۸۰٪، ۶۰٪ و ۴۰٪ تبخیر و تعرق واقعی گیاه در نظر گرفتند. دور آبیاری برای تمام تیمارها یکسان بود (دقیقا مشابه تحقیق حاضر). بیشترین محصول با مصرف آب ۲۹۰ میلی‌متر بدست آمد و کاربرد مقدار آب کمتر، کاهش عملکرد را به طور معنی‌داری در پی داشت. با کم آبیاری از ۱۰۰٪ به ۶۰٪ مقدار محصول از ۴/۵ به ۲/۷ کیلوگرم در گیاه رسید. ژائوسن و همکاران (۲۰۰۳) اثرات کم آبیاری روی خیار گلخانه‌ای را با به بکارگیری ۵ تیمار دور آبیاری مورد بررسی قرار دادند در تیمار۲-۳ روز ۶۹۶ میلی متر،۳-۵ روز ۶۵۴ میلی‌متر، ۵-۶ روز ۴۹۶ میلی‌متر،۱۰-۱۲ روز ۳۳۰ میلی‌متر و ۱۸-۲۰ روز ۲۲۸ میلی‌متر آب مصرف شد. عملکرد به‌ترتیب ۱۹/۴، ۱۷/۶ و ۱۶/۴ کیلوگرم بر متر مربع در ۳ تیمار اول بدست آمد.

محاسبه بهره‌وری آب در گلخانه‌های استان قزوین

عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در تولید محصول خیار در گلخانه‌های استان در شکل ۵ آورده شده است که به دلیل مشکلات عدیده فنی، اجرایی و مدیریتی کمتر از سطح مطلوب است. میزان عملکرد محصول خیار در ۹ گلخانه از گلخانه‌های استان قزوین را نشان داده است که بیشترین عملکرد ۱۲۵ و کمترین آن ۶۸ تن در هکتار می‌باشد. همچنین بیشترین بهره‌وری ۲۲/۴ و کمترین آن ۹/۲ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد که حدود ۶ تا ۱۵ برابر بهره‌وری مصرف آب در فضای باز است. البته لازم به ذکر است مقادیر گزارش شده برای بهره‌وری مصرف آب خیار گلخانه‌ای در تحقیقات داخلی و خارجی بسیار بیشتر از مقادیر برآورده شده برای استان قزوین است.

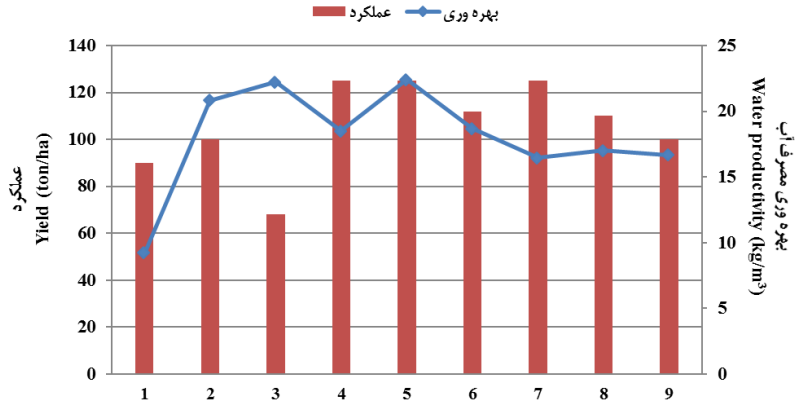
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- رابطه بین تبخیر و تعرق برای هر بوته در دوره رشد و بهره‌وری آب

Figure 4- Evapotranspiration and yield of cucumber in different treatments



شکل ٥- میزان عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برای خیار گلخانه‌ای

Figure 5- Yield and water productivity of greenhouse cucumber

اسدی و کاراندیش (۱۳۹۴) بهره‌وری مصرف آب خیار گلخانه‌ای در شهرستان جیرفت بین ۳۹/۶ تا ۶۴/۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نموده‌اند. بهره‌وری مصرف آب خیار گلخانه‌ای در خوراسگان استان اصفهان بین ۴۹ تا ۹۶ کیلوگرم بر مکعب گزارش شده است (۲۶). علت تفاوت چشمگیر مقادیر گزارش شده در این تحقیق با مقادیر بهره‌وری گزارش شده در دیگر تحقیقات مربوط به تحقیقاتی و پژوهشی بودن مطالعات صورت گرفته است. مقادیر گزارش شده در این تحقیق مربوط به شرایط واقعی گلخانه‌های منطقه قزوین است.

در عربستان سعودی بهره‌وری مصرف آب برای خیار گلخانه‌ای ۲۷/۹ تا ۶۴/۲ کیلوگرم بر متر مکعب (۲) و در مصر برای پوشش‌های مختلف گلخانه‌ای ۲۱/۴ تا ۲۶/۵ کیلوگرم و در ایتالیا بین ۲۲/۹ تا ۱۰۳/۰ کیلوگرم بر متر مکعب در دوره‌های مختلف سال گزارش شده است (۱۱).

میانگین سطح زیرکشت محصول خیار فضای باز در استان قزوین طی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۳ به میزان ۱۲۶۳/۲۵ هکتار با عملکرد ۱۹/۷ تن در هکتار می‌باشد. بهره‌وری مصرف آب در این محصول در فضای باز ۱/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد یعنی برای تولید ۱ کیلوگرم محصول ۶۵۷ لیتر آب مورد نیاز است. میزان سطح گلخانه مورد نیاز برای تولید ۲۴۹۱۱/۷ تن با در نظر گرفتن متوسط عملکرد ۲۱۲ تن در هکتار (برای دو دوره در سال)، ۱۱۷/۵ هکتار می‌باشد. با توجه به این که برای هر هکتار گلخانه ۱۲۵۰۰ متر مکعب آب مصرفی برآورد شده است. در مجموع برای ۱۱۷/۵ هکتار گلخانه، ۱/۴۶۸ میلیون متر مکعب آب نیاز است. به عبارتی برای تولید خیار در استان به میزان کنونی بدون کشت خیار در فضای آزاد، باید ۱۱۷/۵ هکتار به سطح موجود گلخانه‌هایی که کشت خیار انجام می‌دهند اضافه گردد. با این عمل ۱۴۹۵۳ هزار متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد که معادل تقریبا ۹۱ درصد آب مصرفی در حال حاضر برای تولید خیار در سطح آزاد در استان است.

نتیجه‌گیری

برآورد دقیق نیاز آبی محصولات گلخانه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است. بیشتر مدل‌های موجود برای تخمین نیاز آبی گیاهان در شرایط گلخانه‌ای رفتار متفاوتی دارد بنابراین معادلات تجربی و ترکیبی زیادی برای محاسبه تبخیر و تعرق، توسط محققین ارائه شده

www.SID.ir

Archive of SID

است که برای شرایط گلخانه به کار رفته و در صورت نیاز واسنجی کرده‌اند تا اختلاف تبخیر و تعرق محاسبه شده و تبخیر و تعرق اندازه گیری شده حداقل گردد. نتایج این تحقیق نشان داد یک مدل توانی با پارامترهای دما، رطوبت نسبی و ارتفاع گیاه و با ضریب همبستگی ۰/۸۶ به عنوان بهترین مدل برای برآورد تبخیر و تعرق خیار گلخانه-ای انتخاب شد. همچنین مقایسه تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده با روابط متداول تعیین تبخیر و تعرق نشان داد که روش فائو پنمن مانتیث با ضریب تبیین ۰/۴۲ از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارد. در این تحقیق همچنین بهره‌وری آب در گلخانه‌های کشت خیار فعال در استان قزوین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده بهره-وری آب خیار در گلخانه‌ها از ۹/۲۳ تا ۲۲/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر است. این دامنه تغییرات مساله اهمیت مدیریت و بهره‌برداری در ارتقای بهره‌وری آب در گلخانه‌ها را خاطر نشان می‌سازد. طبق برآوردهای انجام شده در این تحقیق اگر میزان تولید فعلی خیار در استان در فضای آزاد در گلخانه‌ها کشت شود، به ۱۱۷ هکتار گلخانه نیاز خواهد داشت و با این عمل نزدیک به ۱۵ میلیون متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد. با بررسی سایر جوانب اقتصادی و اجتماعی توسعه گلخانه‌ها می تواند در تسکین مشکلات کم آبی استان کمک-ساز باشد.

منابع

1- Abedi-Koupai J., Amiri M.J., and Eslamian S.S. 2009. Comparison of artificial neural network and physically based models for estimating of reference evapotranspiration in greenhouse. Aust. Journal Basic Appl. Sci. 3: 2528-2535.
2- Aly A.A., Al-Omran A.M., and Khasha A.A. 2015. Water management for cucumber: Greenhouse experiment in Saudi Arabia and modeling study using SALTMED model. Journal of Soil and Water Conservation 70(1): 1-11.
3- Asadi R., and Karandish F. 2016. Influence of irrigation management and drip irrigation laterlas on water use, yield and net benefits in greenhouse cucumber production. Iranian Journal of Soil and Water Research 47(1): 13-24. (In Persian)
4- Babtista J.F., Bailey B.J., and Meneses J.F. 2005. Measuring and modeling transpiration versus evapotranspiration of a tomato crop grown on soil in a Mediterranean greenhouse. Acta Horticulturae 691: 313–319. International Symposiom on Arid Region Soils, 21-24 Sep, Izmir, Turkey.
5- Baille A. 1994. Principles and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments. INRA-CIHEAM Cahiers Options Mediterraneennes 31: 177-187.
6- Blanco F.F., and Folegatti M.V. 2003. Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse.Revista Brasileria de Engenharia Agricola e Ambiental 7(2): 285-291.
7- Buttaro D., Santamaria P., Signore A., Cantorea V., Boari F., Francesco F., Montesano F., and Parente A. 2015. Irrigation Management of Greenhouse Tomato and Cucumber Using Tensiometer: Effects on Yield, Quality and Water Use. Agriculture and Agricultural Science Procedia 4: 440–444.
8- Chartzoulakis K., and Drosos N. 1995. Irrigation requirements of greenhouse vegetables in Crete. INRA-CIHEAM Cahiers Options Mediterraneennes 31: 215-221.
9- Eliad G. 1988. Irrigation of greenhouse grown cucumbers. Journal of Horticultural Science 63(2): 235-239.
10- Harmanto Salokhe V.M., Babel M.S., and Tantau H.J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management 71: 225-242.
11- Hashem FA., Medany MA., Abd ElMoniem EM., and Abdallah MMF. 2011. Influence of green-house cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. Annals of Agricultural Sciences 56(1): 49-55.
12- http://www.qazvin.ir/web/guest/14.....(10/9/94)
13- Judah OM., and Rushdi Y. 1985. Yield response of cucumber to various levels of applied water under plastic houses in the Jordan valley. Dirasat Agricultural Science 12: 99-111.
14- Karimi N., Sadraddini SAA., Nazemi AH., Farsadizadeh D., Hossienzadeh Dalir A., and Dehghani F. 2010. Effects of Deficit Irrigation on Yield and Growth of Greenhouse Cucumber. Water and Soil Science 1(20): 15-25. (In Persian with English Abstract)
15- Kirda C., Cetin M., Dasgan Y., Topcu S., Kaman H., Ekici B., Derici MR., and Ozguven AI. 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. Agricultural Water Management 69: 191-201.
16- Kirda C. 1998. Evapotranspiration Measurments of Greenhouse Grown Tomato, Melon and Cucumber.
17- Liang X., Gao Y., Zhang X., Tian Y., and Zhang Z. 2014. Effect of Optimal Daily Fertigation on Migration of Water and Salt in Soil, Root Growth and Fruit Yield of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Solar-Greenhouse. PLoS ONE 9(1): e86975. doi:10.1371/journal.pone.0086975
18- Litago G., Baptista F.J., Meneses J.F., Navas L.M., Bailey B.J., and Sanchez- Giron V. 2005. Statistical modelling of the microclimate in a naturally ventilated greenhouse. Biosystems Engineering 92(3): 365-381.
19- Lorenzo P., Medrana E., and Sanchez M.C. 1998. Greenhouse crop transpiration: an implement to soilless irrigation management. Acta Horticulturae 458: 113-119.
20- Mameli M.G., Sirigu A., Soddu A., Chessa F., and Meloni S. 2004. The use of microlysimeters for the measurement of ETM (maximum evapotranspiration) on camone tomato. Acta Hortic. 664: 377-382.

www.SID.ir

Archive of SID

21- Mao X., Liu M., Wang X., Liu C., Hou Z., and Shi J. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. Agricultural Water Management 61: 219-228.
22- Mazahreh N., Nejatian A., and Mousa M. 2015. Effect of different growing Medias on Cucumber Production and Water Productivity in Soilless Culture under UAE Conditions. Merit Research Journal of Agricultural Science and Soil Sciences 3(9): 131-138.
23- Medrano E., Lorenzo P., Sa´nchez-Guerrero M.C., and Montero J.I. 2005. Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. Scientia Horticulturae 105: 163-175.
24- Molden D. 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 16 pp.
25- MÖller M., Tanny J., Li Y., and Cohen S. 2004. Measuring and predicting evapotranspiration in an insect-proof screenhouse. Agricultural and Forest Meteorology 127: 35-51.
26- Moslehi Sh., Najafi P., Tabatabaei SH., and Nourmahnad N. 2011. Effect of Soil Moisture Stress on Yield and Growth Indexes of Greenhouse Cucumber. Journal of Water and Soil 25(4): 770-775. (In Persian with English Abstract)
27- Salih A.M., and Sendi U. 1985. evapotranspiration under extremely arid environment. Journal Irrigation Drainge Engineering 110(3): 289-303.
28- Van Bavel C.H.M. 1967. Lysimeter measurments of evapotranspiration rates in the eastern states. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 25: 138-141.
29- Xuesen M., Mengyn L., and XinyuanW. 2003. Effectof deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain Agricultural Water Management 61: 219-228.
30- Yang X., Short T.H., Fox R.D., and Bauerle W.L. 1990. Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. Agricultural and Forest Meteorology 51: 197-209.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 811-822

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۸۲۲-۸۱۱

Determination of Water Productivity and Greenhouse Cucumber Water Requirement in Qazvin

R. Najafipour[1]- H. Ramezani Etedali[2]*- B. Nazari[3]

Received: 17-01-2018
Accepted: 30-09-2019

Introduction: Greenhouses have a key role in agriculture productions. Given the ability of controlling production factors, there is the possibility of out-of-season cultivation in greenhouses, which is important in terms of food security, economics, and agricultural marketing. Estimation of water requirement for planning the development of greenhouses and their operation is very important. Awareness of the exact amount of water requirement is important both in terms of production and growth. Many studies have shown the usefulness of greenhouses in improving yield, physical and economical productivity. So far, comprehensive studies have not been carried out on the productivity of greenhouse cucumber cultivation and its effects on water resources in Qazvin province. Therefore, the goal of this study was to determine the greenhouse cucumber water requirement and provide a model for estimating evapotranspiration of cucumber under greenhouse condition. Also, determining greenhouse cucumber productivity in Qazvin province and evaluating the effect of this improvement on water resources were other objectives.

Materials and Methods: This research was carried out in a greenhouse near Qazvin city. The height of the greenhouse from the ground was 4 meters, and its plastic cover was made of polyethylene. Experiments were carried out in greenhouse with greenhouse seedling on 20-3-2015 in two rows of pot. The greenhouse was equipped with the necessary tools to measure temperature, maximum and minimum temperature, relative humidity, and solar radiation. Soil texture in this research was clay loam with 30, 32 and 38 percent of sand, silt and clay, respectively. The water content was, , 31% and 16 percent at field capacity (FC) and permanent wiling point (PWP) respectively. An irrigation interval of two days (a favorable condition) was considered. In this experiment, the seeds of the Royal cucumber were used to coincide with the planting time and harvesting length. The plastic pots with a diameter of 18 cm and a height of 23 cm were utilized. The pots were filled with equal quantities of fine and fine gravel (for drainage) and then with the agricultural soil prepared for cucumber cultivation. In order to provide conditions similar to the actual cucumber planting in the flower bed, the pots were placed close to the greenhouse. The irrigation of the plants was carried out manually for 83 days. The relative humidity, temperature and radiation were measured hourly. Further, the effects of irrigation on different characteristics of the test plants were observed and recorded. The moisture content was measured by weight and soil moisture reduction in full irrigation was compensated for the FC moisture content in each irrigation interval. Until 30 days after planting (Stages 4-6), the pots were irrigated with equal amounts. In order to evaluate the effects of deficit irrigation, four treatments were considered. These treatment were as follows: first treatment (FI): irrigation depth equal to 100% of the plant evapotranspiration with five replications, treatment (DI20): irrigation depth equal to 80% of the plant evapotranspiration with five replicates, treatment 3: (DI40) irrigation depth equal to 60% of the plant evapotranspiration with five replicates and the fourth treatment (DI60): irrigation depth equal to 40% of the plant evapotranspiration with five replications.

Results and Discussion: The maximum and minimum evapotranspiration was 8.7 and 1.06 mm/day in 61 and 13 days after transplanting, respectively. By investigation different mathematical models, the best models for estimation of cucumber evapotranspiration in greenhouse was the power model based temperature, humidity and height of crop with R^2 of 0.86. The FAO-Penman-Monteith and Blaney-Criddle models exhibited the best and worst performance with R^2 of 0.42 and 0.24, respectively. The cucumber water productivities in greenhouses ranged from 9.23 to 22.44 Kilograms per cubic meter. This wide water productivity range shows the importance of management and operation in water productivity improvement in greenhouses.

Conclusion: Estimation of greenhouses cucumber water requirement and water productivity are very important. The best model for estimating cucumber evapotranspiration in greenhouse was the power model based on temperature, humidity and height of crop with R^2 of 0.86. In this study, cucumber water productivity was estimated in Qazvin greenhouses. The results showed that cucumber water productivities ranged from 9.23

1, 2 and 3- Graduated in M.Sc., Associate Professor and Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

to 22.44 Kilograms per cubic meter. Consequently, 117 ha greenhouse is required for producing the present value of cucumber in the province. This option would save 15 millions of cubic meter water in this area. Development of greenhouses with regarding to various economic and social aspects can help decision-makers in solving water shortage problems.

Keywords: Deficit irrigation, Evapotranspiration, Penman-Monteith

www.SID.ir